

FR. SCHÖNDORF

GRUNDZÜGE DER GEOLOGIE

FÜNFTE AUFLAGE



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

ISBN 978-3-663-15369-6 ISBN 978-3-663-15940-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-15940-7

GRUNDZÜGE DER GEOLOGIE

VON

PROF. DR. FR. SCHÖNDORF

IN HILDESHEIM

MIT 36 ABBILDUNGEN IM TEXT

FÜNFTE, ERWEITERTE UND VERBESSERTE AUFLAGE

1 9 2 7

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Vorwort zur vierten und fünften Auflage.

Die „Grundzüge der Geologie“ haben mit der Neubearbeitung der Chemielehrbücher „Henniger“ und „Lipp“, zu denen sie ursprünglich als „Anhang“ erschienen, eine mehr genetisch gerichtete, erweiterte Behandlung erfahren. Eine Vollständigkeit ist in diesem Rahmen natürlich nicht erreichbar. Vielmehr wurde darauf Bedacht genommen, dem Schüler die tatsächlichen Grundlagen der geologischen Wissenschaft zu vermitteln und ihn zu selbständigem Schauen und Forschen in der Natur anzuregen. Hypothesen, die zwar für die Wissenschaft unentbehrlich sind, kommen für den Anfänger erst in letzter Linie in Betracht. Entgegen anderen gleichartigen Darstellungen wurde Wert gelegt auf die Kenntnis der wichtigsten Gesteine und ihrer Zeitfolge (Formationskunde), die beide die unerläßliche Grundlage für die Geologie bilden. Da die Geologie eine Lokalwissenschaft ist, muß das hier in knapper Form Gebotene durch örtliche Beschreibungen der Gesteinsvorkommen usw. ergänzt werden. Empfehlenswert sind auch geologische Lehrausflüge, um die „Aufschlüsse“ kennen und geologisch sehen zu lernen.

Mögen diese „Grundzüge“, die auch als selbständiges Heft erscheinen, in ihrer neuen Gestalt an Brauchbarkeit gewinnen. Für Anregungen zu weiteren Verbesserungen wird der Verfasser stets dankbar sein.

Hildesheim, im März 1927.

Fr. Schöndorf.

Inhalt.

	Seite		Seite
A. Die geologischen Kräfte.			
I. Vulkanismus	3		
1. Vulkanischer Ausbruch	3		
2. Vulkanische Erscheinungen	4		
3. Vulkanische oder Eruptivgesteine	5		
II. Atmosphäre	11		
1. Verwitterung	11		
2. Dünenbildung	11		
III. Wasser und Eis	11		
1. Abtragung durch das Meer	11		
2. Ablagerungen des Meeres	12		
a) Schichtgesteine	12		
b) Kieselgesteine	13		
c) Kalkgesteine	13		
d) Tongesteine	13		
e) Gips	14		
f) Salzgesteine	14		
3. Fließendes Wasser	15		
4. Grundwasser und Quellen	16		
5. Eis (Gletscher)	17		
IV. Bewegungen der Erdrinde	19		
1. a) Erdbeben	19		
b) Gebirgsbildung	20		
c) Metamorphe Gesteine	20		
		2. Schichtenlagerung (Tektonik)	20
		a) Geologische Schicht	20
		b) Geologisch - bergmännischer Kompaß	21
		c) Geologische Störungen	22
		d) Geologische Karten	22
		V. Organismen	24
		B. Erdgeschichte (Historische Geologie).	
		1. Die geologischen Schichten und ihr Alter	25
		2. Übersicht der geologischen Zeitalter, Formationen u. wichtigeren Abteilungen	27
		3. I. Sternzeit der Erde	28
		4. II. Urzeit der Erde	28
		5. III. Voraltertum der Erde	28
		6. IV. Altertum der Erde	28
		a) Cambrium, Silur, Devon	29
		b) Carbon	29
		c) Dyas	30
		7. V. Mittelalter der Erde	31
		a) Trias	31
		b) Jura	31
		c) Kreide	33
		8. VI. Neuzeit der Erde	33
		a) Tertiär	33
		b) Quartär	33
Erklärung der Fachausdrücke			35
Register			37

Geologie, d. h. Lehre von der Erde, behandelt:

A. die **geologischen Kräfte**, ihr Wirken in der Jetzt- und Vorzeit und ihre Bildungen, besonders die Gesteine nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit und ihren Lagerungsverhältnissen.

B. die **Erdgeschichte (historische Geologie)**, d. h. den Zustand der Erde und die Ereignisse in der Vorzeit sowie die zeitliche Gliederung der Erdschichten.

Als Hilfswissenschaften benötigt sie dazu vor allem die Versteinerungskunde, d. h. Lehre von den früheren Lebewesen, welche uns Aufschluß gibt über die Organisation und einstigen Lebensbedingungen der heute als Versteinerungen erhaltenen vorzeitlichen Tiere und Pflanzen.

Aus der Beschaffenheit der Flora (Pflanzenwelt) und Fauna (Tierwelt) früherer Erdperioden im Vergleich mit heute lebenden Nachkommen und Verwandten und in Verbindung mit der Beschaffenheit der die Organismenreste einschließenden Gesteine kann man auch Schlüsse ziehen betreffs des früheren Klimas.

Die übrigen Naturwissenschaften, besonders die Mineralogie, sind natürlich ebenfalls unentbehrlich.

A. Die geologischen Kräfte.

I. Vulkanismus.

1. **Vulkanischer Ausbruch.** Über dem Golf von Neapel erhebt sich der Vesuv, der einzige tätige Vulkan des europäischen Festlandes. Jahrhundertlang war er in Ruhe (erloschen), an seinen Abhängen gediehen auf dem kali- und phosphorreichen Verwitterungsboden alter Laven üppige Obstgärten, zu seinen Füßen lagen reiche Städte mit schönen Säulenhallen, und niemand ahnte etwas von den dunklen Gewalten der Tiefe, bis plötzlich im Jahre 79 v. Chr. jener gewaltige Ausbruch erfolgte, der Herculaneum und Pompei vernichtete. Seitdem ist der Vesuv dauernd tätig. Ein vulkanischer Ausbruch vollzieht sich etwa in folgender Weise: zunächst erfolgen schwache, dann immer stärkere Erschütterungen des Erdbodens (vulkanische Beben), der Berg gerät in Leben, stößt heiße Gase und Dämpfe aus, über seinem Gipfel schießt eine Wolke zu gewaltiger Höhe empor, sich oben baumkronenartig ausbreitend, grelle Blitze zucken aus ihr, Donner rollt, und ein feiner Aschen-



Abb. 1. Aschenkegel des Vesuvkraters.
Rechts alter Kraterand mit rauchender Lava, links erstarrte Fladenlava.

regen verfinstert die Luft. Immer häufiger, immer stärker werden die elektrischen Entladungen. Aus der Wolke stürzen Gießbäche herunter, mit den Aschen Schlammströme erzeugend, und unter ohrenbetäubendem Krachen zerbricht der Gipfel, zertrümmertes Gestein fliegt, vermisch mit glühender Lava, kilometerweit, ein feuriger Schlund öffnet sich trichterförmig (Krater) zur Tiefe (Abb. 2) und entsendet zischendes, glutiges Gestein (Lava), das in Strömen zu Tale schießt, auf seinem Wege alles zerstörend. Von der Küste her brandet die See, aus den Tiefen aufgewühlt (Seebeben), gegen das felsige Gestein, wirft Kähne und Schiffe an den Strand, Bauten und Menschenleben durch Sturmflut vernichtend. Nach wenigen Stunden ist der Ausbruch vorüber; spiegelglatt liegt das Meer wie zuvor, und nur rauchendes Gestein und zerstörtes Leben erzählt von der Katastrophe. Villen und Gärten liegen unter Bimsteinsanden und Aschen (vulkanische Tuffe, Lapilli) vergraben, und nur die dem Krater oder Spalten entströmenden Gase und Dämpfe erinnern an die einstige vulkanische Tätigkeit.

2. Vulkanische Erscheinungen. In ähnlicher Weise verlaufen die Ausbrüche der anderen Vulkane: Auswurf zerspratzten Gesteins (vulkanische Tuffe), Ausfluß schmelzflüssiger Laven, Ausströmen heißer Gase und Erschütterungen des Erdbodens sind die Erscheinungen des Vulkanismus.

Durch lagenförmiges Übereinanderschichten zähflüssiger Laven und vulkanischer Aschen entstehen die steilen Kegelvulkane (Vesuv, Ätna Abb. 2), durch Ausbreiten leichtflüssiger Laven die flachen Schildvulkane (Havai, Island), durch Aussprengen eines trichterförmigen Explosionskraters mit ringwallartiger Aufschüttung der Tuffe die Maare (Eifel).

Die Vulkane liegen stets in geologisch gestörten Gebieten, an Meeresküsten (Mittelmeer, Asiatische Inseln) oder in Bruchzonen der Kontinente (Rheintal), wo zertrümmertes Gebirge oder Spalten dem Schmelzfluß (Magma) die Möglichkeit gaben, aus den unterirdischen Vulkanherden nach oben emporzusteigen.

Die Gasausströmungen können lange zuvor oder lange nach der eigentlichen Eruption stattfinden. Man bezeichnet sie als Fumarolen, wenn sie vorwiegend Wasserdampf, als Mofetten, wenn sie Kohlendioxyd (Hundsgrotte bei Neapel), als Solfataren, wenn sie schweflige Säure aushauchen. Auch die Sprudel und Sauerlinge unserer Basaltgebiete (Nauheim, Selters, Andernach) gehören hierher. Sie entstehen, wenn Kohlendioxyd in Berührung mit unterirdischem Wasser kommt. Ebenso gehören hierher die heißen Quellen (Thermen von Wiesbaden, Baden-Baden) und die periodisch springenden Geiser (Andernach, Island, Nordamerika).

Die hohe Temperatur der glutflüssigen Laven oder die chemisch stark wirkenden Gase verursachen im Nachbargestein (exogen) oder im vulkanischen Gestein selbst (endogen) Veränderungen, die man als Kontaktmetamorphose zusammenfaßt. Diese äußert sich durch Einschmelzen und Verglasen von Sand und Ton, die dabei häufig säulenförmige Absonderungen annehmen, durch Bildung dichter Hornfelse oder durch Abscheidung besonderer Kontaktminerale (Zinnstein, Eisenglanz, Topas, Turmalin usw.). Tonschiefer werden in Knoten- und Fruchtschiefer, Kalke in Marmor verwandelt. In anderen Fällen beschränkt sich diese Metamorphose nur auf eine Veränderung der Beschaffenheit der Korngröße des Eruptivgesteins selbst.

Findet man derartige Erscheinungen in Gebieten, die heute keine vulkanische Tätigkeit mehr zeigen, so kann man mit Sicherheit daraus schließen, daß diese jetzt erloschenen einst tätige Vulkangebiete waren (Eifel, Vogelsberg, Rhön), und daß diejenigen Gesteine, welche Kontaktveränderungen erzeugten (Basalt, Granit) vulkanische Gesteine sind.

3. Vulkanische oder Eruptivgesteine sind entweder langsam in großer Tiefe unter hohem Gasdruck (Tiefengesteine) und in Gängen (Ganggesteine) erstarrt oder an der Erdoberfläche unter geringem Gasdruck ausgeflossen (Ergußgesteine) und rascher fest geworden.

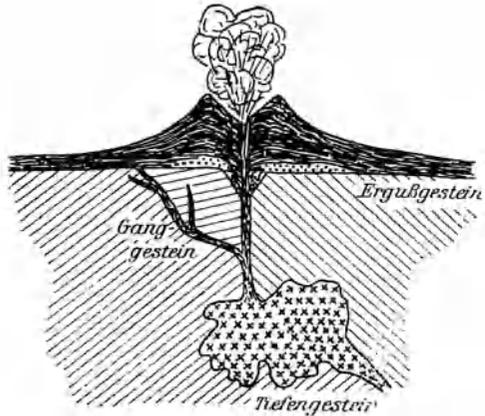


Abb. 2. Kegelvulkan.

Aus einem unterirdischen Herde steigt glutflüssiges Magma in Spalten (Gängen) empor. Der obere Teil des Hauptzuflußrohres (Schlot) wird durch die stark gespannten Gase trichterförmig (Kratzer) ausgesprengt, das zerspratzte Gestein lagert sich um ihn als vulkanischer Tuff ab. Die Lavamassen erstarren in der Tiefe (Tiefengestein) oder fließen an der Oberfläche aus (Ergußgestein) und bauen zusammen mit den Tufflagen den Kegelvulkan auf, so daß der Krater schließlich auf den Gipfel des Berges zu liegen kommt.

Die langsame Erstarrung der Tiefengesteine (Granit, Syenit, Diorit, Gabbro) drückt sich aus in dem vollkristallinen, körnigen Gefüge (Abb. 3), die rasche Erstarrung der Ergußgesteine in porphyrischem (Abb. 4) oder glasigem (Obsidian, Pechstein) Gefüge.

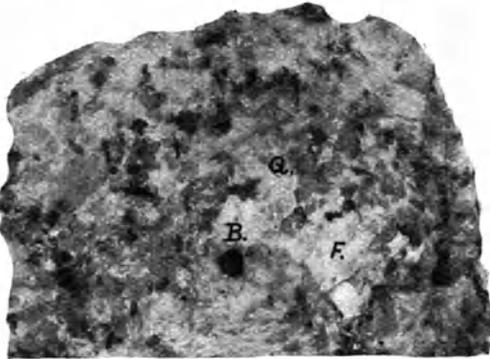


Abb. 3. Körniges Gefüge, Granit. Mineralbestandteile regellos nebeneinander. *B* = Biotitglimmer (schwarz), kristallographisch umgrenzt. *F* = Feldspat (weiß), gut spaltend. *Q* = Quarz (grau), regellos umgrenzt, nicht spaltbar.

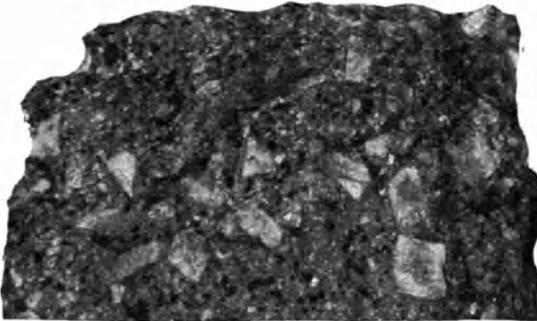


Abb. 4. Porphyrisches Gefüge, Porphyr. Einsprenglinge (weißer Feldspat) gut ausgebildet in feinkörniger Grundmasse.

Besondere Erstarrungsformen sind die blasige, bei Mineralausfüllung (Achat) Mandelsteine bildend, die schaumige (Bimstein) und die schlierige (Erzanhäufung).

Unter den gesteinsbildenden Mineralien unterscheidet man wesentliche, die zur Bildung der Gesteinsart unbedingt erforderlich sind, und Begleitminerale, die nur besondere Abarten bedingen.

Äußerlich treten die Eruptivgesteine auf als Stöcke (Granit), Decken und Ströme (Diabas, Basalt, Porphy) und als Gänge. Infolge Zusammenziehung bei der Abkühlung und beginnender Verwitterung nehmen sie besondere Absonderungsformen an: bankige (Granit [Abb. 5]), säulige (Basalt [Abb. 6] und Porphy), plattige (Basalt, Phonolith), kugelige (Granit, Basalt), die

dann beim weiteren Zerfall die Felsenmeere erzeugen.

Kennzeichen der Eruptivgesteine sind der in sich massige Aufbau, die vielfach gangförmige Lagerung, das Fehlen von Versteinerungen und ihre Kontaktwirkungen nach außen.

Das geologische Alter der Eruptivgesteine ist sehr verschieden, doch sind in Deutschland gewisse Formationen des Altertums und der Neuzeit durch besondere Eruptivgesteine ausgezeichnet, z. B. Granit ist archaisch (Schwarzwald) oder carbonisch (Harz), und namentlich die Ergußgesteine lassen sich in altvulkanische (rotliegend und älter) und jungvulkanische (tertiär und jünger) unterscheiden.

Die Eruptivgesteine liefern in frischem Zustande Bau- und Pflastersteine (Basalt) und Schotter, in geschliffenem Zustande wertvolle Ornamentsteine (Granit) für Denkmäler, Wandverkleidung usw.

Die Unterscheidung der Eruptivgesteine erfolgt einmal nach ihrer wesentlichen Mineralzusammensetzung, ob Orthoklas oder Plagioklas vorwaltet, ob Quarz ausgeschieden ist oder nicht, ob Hornblende oder Augit bzw. Biotit vorhanden ist usw.

Ferner ist wichtig die Art der gegenseitigen Verwachsung der Mineralien, nämlich körniges oder porphyrisches Gefüge (Struktur), und ihre Erstarrungsart (kristallin oder glasig), welche abhängig ist von dem geologischen Auftreten als Tiefengestein oder Ergußgestein.

Die Unterscheidung nach dem geologischen Alter wie bei den Sedimenten ist unmöglich, da zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Punkten der Erde die gleichen Gesteine entstanden und das Eruptivgestein selbst kein sicheres Kennzeichen für sein geologisches Alter besitzt.



Abb. 5. Bankige Absonderung. Granit-Klippen im Harz.



Abb. 6. Säulige Absonderung, Basalt. Linz a. Rh.

Übersicht der wichtigsten Eruptivgesteine.

(Nach wesentlicher Mineralzusammensetzung, Gefüge und Erstarrungsart.)

Geologisches Auftreten	Gefüge	Feldspatgesteine				
		+ Orthoklas		+ Plagioklas		
		+ Quarz (+ Biotit, Muskovit od. Hornblende)	– Quarz (+ Horn- blende od. Biotit)	+ Horn- blende (od. Biotit)	+ Augit (± Olivin)	
Ergußgesteine	jung- vulkanisch	por- phy- risch und glasig	Liparit	Trachyt, Phonolith	Hornblende- (Biotit-) Andesit	Augit- Andesit, Feldspat- basalt
	alt- vulkanisch		Quarz- Porphyr	Feldspat- Porphyr	Hornblende- Porphyr	Melaphyr, Diabas
Tiefen- gesteine	körnig		Granit	Syenit	Diorit	Gabbro

Die scharfe Trennung der Ergußgesteine in altvulkanische und jungvulkanische gilt zunächst nur für Deutschland, weil hier zwei zeitlich getrennte Perioden starker vulkanischer Tätigkeit (im Rotliegenden und im Tertiär) zu unterscheiden sind.

Granit besteht aus drei wesentlichen Mineralien: Quarz, Feldspat, Glimmer. Alle drei sind gut unterscheidbar und liegen regellos (körnig) (Abb. 3) neben einander. Mit der Lupe oder unter dem Mikroskop kann man noch andere Mineralien in untergeordneten Mengen unterscheiden (Begleitmineralien), die zwar, wie z. B. der Apatit, für die Pflanzenernährung sehr wichtig sind, aber die Art des Gesteins nicht beeinflussen.

Genauere Betrachtung zeigt eine verschiedene Ausbildung der drei wesentlichen Mineralien: Die Glimmer erscheinen oft regelmäßig kristallographisch umgrenzt, auch die Feldspate besitzen häufig eigene Kristallform, während der Quarz vollkommen unregelmäßig die Lücken zwischen den anderen erfüllt. Hieraus ist zu schließen, daß sich nicht alle drei Mineralien gleichzeitig bildeten, sondern daß der Glimmer zuerst ausgeschieden wurde, als das Gestein noch glutförmig war und das Mineral daher seine ihm zukommende kristallographische Umgrenzung annehmen konnte; an zweiter Stelle schied sich dann der Feldspat aus, und zuletzt wurde der Quarz fest, der sich nun mit den übrig gebliebenen Lücken begnügen mußte. Diese Ausscheidungsfolge scheint in Widerspruch zu stehen mit der Löslichkeit und Schmelzbarkeit der drei Mineralien; denn von ihnen ist gerade der Quarz fast unlöslich und schwer schmelzbar. Es hat dies darin seinen Grund, daß die Ausscheidung der Mineralien aus dem Schmelzfluß nicht nach der einfachen Löslichkeit oder Schmelzbarkeit der Einzelmineralien, sondern nach verwickelten chemisch-physikalischen Gesetzen erfolgt, wobei die Anwesenheit gewisser Stoffe die Ausscheidung eines Mineralen verzögern oder beschleunigen kann. Auch das gegenseitige Mengenverhältnis spielt eine große Rolle. Es kommt hinzu, daß z. B. gerade der Quarz mehrere Ausscheidungsfolgen besitzt. Schon bei hoher Temperatur fällt die

erste Generation Quarz aus, aber sie ist bei weiterer Abkühlung des Magmas nicht beständig, sondern wird vom Schmelzfluß wieder aufgelöst. Es scheiden sich dann erst andere Mineralien aus, und zuletzt kommt eine neue Generation des Quarzes, die sich nun mit den übrig gebliebenen Lücken begnügen muß und beständig bleibt.

Von den Mineralien ist am leichtesten kenntlich der Quarz: Fettglanz, unregelmäßiger (muscheliger) Bruch, sehr große Härte (mit dem Messer unritzbar), fehlende Spaltbarkeit und chemische Unzersetzbarkeit unterscheiden ihn sofort von allen anderen Mineralien. Der Feldspat, weiß oder rot, ist kenntlich an seiner guten, doppelten, rechtwinkligen Spaltbarkeit, glasglänzend, nur bei Anwitterung getrübt und dann mit dem Messer ritzbar. Häufig sind einfache Zwillingverwachungen am ungleichen Glanz der aneinanderstoßenden Hälften erkennbar. Die Unterscheidung von Orthoklas (Kalifeldspat) und Plagioklas (Kalknatronfeldspat) ist ohne Mikroskop meist unmöglich. Jedenfalls ist die Farbe kein sicheres Unterscheidungsmerkmal. Als Glimmer tritt in der Regel der durch seine dunkle Farbe kenntliche Biotit (Eisenmagnesiaglimmer) auf. Er ist sehr leicht mit dem Messer ritzbar, in dünne Blättchen nach einer Richtung spaltbar und hat in unverwittertem Zustand starken Lackglanz.

Granit wird in Deutschland im Harz am Brocken, im Odenwald, Schwarzwald, Bayerischen und Oberpfälzer Wald, Fichtelgebirge in großen Steinbrüchen als Werkstein gewonnen.

Quarzporphyr besteht wie der Granit aus den drei wesentlichen Mineralien Quarz, Feldspat und Glimmer, aber diese sind nicht gleichmäßig verteilt, sondern einzelne gut ausgebildete, häufig schön kristallisierte Quarze, auch Feldspate liegen als Einsprenglinge in einer dichten oder feinkörnigen Grundmasse, deren Zusammensetzung mit bloßem Auge nicht erkennbar ist. In diesem Falle ist also der Quarz zuerst ausgeschieden. Die Erstarrung des Magmas als Ergußgestein an der Erdoberfläche erfolgte dann so rasch, daß trotz der Abkühlung diese erste Quarzgeneration nicht mehr aufgelöst werden und auch die Ausscheidung der übrigen Mineralien in größeren Kristallen nicht mehr erfolgen konnte. Dieses Gefüge nennt man porphyrisch (Abb. 4). Quarzporphyr bildet Decken und Ströme im Rotliegenden von Sachsen, im Saar-Nahetal, bei Bozen. Er ist infolge seiner Widerstandsfähigkeit ein wichtiger Straßenbaustein.

Syenit ist im Aussehen, Vorkommen und in der Verwendung dem Granit ähnlich, aber weit seltener (Odenwald). Der dunkle Gemengteil ist in der Regel Hornblende.

Trachyt ist ein helles, graues bis weißes Gestein, fast ausschließlich aus dem farblosen Sanidinfeldspat bestehend, welcher in großen, schönen Einzelkristallen und Zwillingen auch als Einsprengling auftritt. Bekannt ist das Vorkommen am Drachenfels bei Bonn.

Der Stein ist mit zum Bau des Kölner Doms verwandt, hat sich aber in den Rauchgasen des nahen Bahnhofs nicht bewährt.

Die fein zerstäubten vulkanischen Tuffe, der sog. Traß, waren schon den Römern als vorzüglicher hydraulischer (unter Wasser erhärtender)

Mörtel bekannt und haben am Rhein bei Andernach eine große Industrie zur Herstellung von Schwemmsteinen, Filtern usw. ins Leben gerufen.

Phonolith, d. h. Klingstein, weil dünne Platten beim Anschlagen mit dem Hammer klingen, besteht aus einer dichten, graugrünlichen bis bräunlichen Grundmasse, mit Kristallen von farblosem Nephelin. In größeren Platten wird er als Fußbodenbelag, sonst als Kleinschlag zu Straßenschotter verwandt. Wegen seines Kaligehaltes wird er gemahlen auch als Düngemittel benutzt (Hohentwiel, Rhön).

Diorit, granitähnlich, aber ohne Quarz, selten (Kyffhäuser, Odenwald).

Gabbro, ein seltenes Gestein (Harzburg, Schwarzwald) vielfach olivinreich und dann zu Serpentin verwittert, enthält häufig Erze.

Diabas oder Grünstein (wegen der sehr häufigen Grünfärbung) ist durch seine eigenartige Netzleistenstruktur der grünlichgelben Feldspate ausgezeichnet. Er bildet als Ergußgestein namentlich devonischer untermeerischer Vulkane lagerhafte Decken zwischen Schichtgesteinen und Gängen. Seine Zähigkeit macht ihn zu einem sehr wertvollen Straßenbau- und Schotterstein, der überall in großen Steinbrüchen gewonnen wird. (Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Thüringer Wald, Fichtelgebirge.)

Melaphyr und **Basalt** sind beide im Handstück nicht unterscheidbar. Sie sind dichte, schwarze Gesteine mit häufig porphyrisch ausgeschiedenen grünen Olivinen. Mitunter sind sie als Ergußgesteine gasreicher Laven porös, wobei die Hohlräume nachträglich mit Mineralien ausgefüllt sind, sog. Mandelsteinbildung. Häufig sind im Basalt die Olivine in großen Knollen, sog. Olivinbomben, ausgeschieden, wodurch das Gestein wegen der leichten Verwitterbarkeit des Olivins technisch wertlos wird. Eine sehr gefürchtete Krankheit der Basalte ist der sog. Sonnenbrand: Das ursprünglich feste, schwarze Gestein bekommt infolge Verwitterung bei starker Sonnenbestrahlung usw. graue, rundliche Flecke, feine Risse und zerfällt schließlich zu Grus. Bekannt ist die säulenförmige Absonderung (Abb. 6.), eine Abkühlungserscheinung des ursprünglich glutflüssigen Magmas, wobei die Säulen stets senkrecht zur abkühlenden Fläche stehen, also im Gang mehr oder minder wagerecht, im Basaltstrom senkrecht, in der Kuppe fächerförmig.

Der Basalt ist neben dem Granit das wichtigste und technisch wertvollste Eruptivgestein von fast unverwüthlicher Festigkeit als Straßenschotter im Kleinschlag, als Pflasterstein, als Prell- und Bordstein.

Die grobporöse Basaltlava von Niedermendig in der Eifel wird seit altersher zu Mühlsteinen verwendet.

Der Basalt ist in der Tertiärformation weit verbreitet und baut ganze Gebirge, wie z. B. den Vogelsberg, auf oder bildet Gänge, Kuppen, Decken und Ströme im Westerwald, Eifel, Rhön, Habichtswald.

Ein ähnliches Gestein ist der Blaugrund von Kimberley in Südafrika, das Muttergestein der Diamanten.

II. Atmosphäre.

1. Verwitterung. Die unaufhörlich wechselnde Erwärmung (Sonneneinstrahlung) und rasche Abkühlung (Regengüsse), die Sprengwirkung des Frostes infolge Einsickerns und Gefrierens des Wassers in den feinen Gesteinspalten (Haarrissen) lockern allmählich die äußere Rinde der Gesteine, sprengen den Zusammenhalt der einzelnen Mineralien und bewirken somit den mechanischen Zerfall (Grusbildung). Das Wasser, beladen mit Kohlendioxyd, organischen Zersetzungsprodukten (Humussäuren) oder Schwefelsäure infolge Zersetzung von Schwefelkies zersetzt die Mineralien chemisch, so daß schließlich vielfach unter Verfarbung ein vollkommener Zerfall der Gesteine eintritt, sie verwittern, wie man sich in jedem Steinbruch überzeugen kann. Die löslichen Bestandteile z. B. Kalk, werden fortgeführt, die unlöslichen bleiben zurück und bilden als Quarz den Sand oder als Kaolin den Ton, während der Eisengehalt oxydiert und als Brauneisen die Verwitterungsdecke braun färbt. So entsteht schließlich eine mehr oder weniger dicke Schicht eines braungefärbten, sandigen Tons, der Lehm, der wichtigste Nährboden unserer Pflanzenwelt (Ackerkrume).

Eine besondere Verwitterung der Feldspate in den Graniten und Porphyren ist die Bildung der Porzellanerde (Kaolin): aus dem Feldspat ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) wird der Kaligehalt (K_2O) ausgelaugt. Die Tonerde wandelt sich unter Wasseraufnahme zu Kaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) um, und der Rest von Siliziumdioxyd bleibt als Quarzsand (SiO_2) übrig.

Der Einfluß der Verwitterung macht sich natürlich besonders geltend an Spalten und Klüften (Abb. 5), so daß oft charakteristische Absonderungsformen (Granit, Elbsandsteingebirge) entstehen.

2. Dünenbildung. Den lockeren Verwitterungsstaub bläst der Wind, da wo ihn eine Pflanzendecke nicht festhält, fort (Staubstürme), lagert ihn zwischen Grashalmen anderswo wieder ab (Lößbildung) und versorgt so z. B. auch Hochmoore mit mineralischen Nährstoffen. Den Sand aber weht er hinter Steinen oder Grasbüscheln zu Dünen zusammen. Durch immer neu hinzukommende Sandmengen und Wechsel der Windrichtung verändern diese ihre Lage, sie wandern (Wanderdünen) und gefährden dadurch menschliche Bauwerke und Siedelungen. Man befestigt sie durch Anpflanzungen (Stranddorn, Strandhafer).

Prallen die vom Winde gewehten Sandkörner gegen Felsen oder Bauwerke, so werden diese ähnlich wie durch ein Sandstrahlgebläse ange-schliffen, geglättet (Dreikanter, Windschliffe) oder zerstört (Pyramiden und Sphinx in Ägypten).

III. Wasser und Eis.

1. Abtragung durch das Meer. Die geologischen Wirkungen des Meeres äußern sich besonders deutlich an der Küste. Unablässig branden die Wogen gegen den Strand, ihre Schlagwirkung durch den Anprall von

Sand und Steinen erheblich verstärkend. Weichere Gesteine (Tone) werden ausgeschlämmt, Hohlkehlen entstehen, festere Bänke werden durch diese Unterhöhlung zum Einsturz gebracht. Der felsige Untergrund der Küste wird durch das ewige Hin- und Herrollen des Sandes abgeschliffen, geglättet und abgetragen. So schiebt sich die Meeresküste langsam weiter gegen das Festland vor, dies allmählich zu einer Fastebene abtragend. Zieht sich umgekehrt das Meer zurück, so bleiben die ursprünglichen Strandlinien als Terrassen (Norwegen, Helgoland) erhalten, und je nach der Anzahl solcher übereinander liegenden Terrassen kann man erkennen, wie oft und wie weit jeweils das Meer vorgedrungen oder zurückgegangen ist.

Das losgebrochene Schuttmaterial wird durch die Brandung zu Strandgeröllen abgerollt und schließlich zu Sand zerrieben, während der feinere Schlamm als Wassertrübe fortschwimmt.

2. Ablagerungen des Meeres: a) Schichtgesteine. Die Zerstörungsprodukte des Meeres werden an anderer Stelle als **Schichtgesteine** oder **Sedimente** wieder zur Ablagerung gebracht.

Das grobe Geröll am Strande bildet die Konglomerate, das feinere Material die Sande und Tone. Die Riffe der Korallen oder die sich häufenden Schalen der Muscheln und die Skelette der Stachelhäuter erzeugen die Kalksteine.

Die im Meerwasser chemisch gelösten Stoffe scheiden sich bei Verdunstung des Wassers je nach ihrer Löslichkeit aus (chemische Sedimente, Salze).

Die beiden hervorragendsten Eigenschaften der Schichtgesteine sind ihre Schichtung und Führung von Versteinerungen.

Die Schichtung entsteht durch den Wechsel in der Zufuhr von Material (Sand, Ton, Kalk) oder der Korngröße (Sand, Gerölle, Schlamm); dadurch werden mehr oder weniger dicke Lagen (Bänke) in sich gleichartigen Materials übereinander geschichtet, die durch Trennungsfugen (Schichtfugen) getrennt werden. Diese Fugen sind für die technische Gewinnung und Verarbeitung der Schichtgesteine gegenüber den in sich massigen Eruptivgesteinen äußerst wichtig.

Die anfangs als loser Sand oder Schlamm abgelagerten Gesteine erhärten bald unter dem Druck der sich darüber absetzenden Massen oder werden durch Einsickern einer Minerallösung (Calciumcarbonat, Kieselsäure) verkittet. Oft findet man im festen Sandstein, z. B. häufig im Untergrund von Kohlenflözen, senkrecht zur Schichtung stehende Wurzeln und andere Pflanzenreste, woraus mit Sicherheit folgt, daß dieser heute feste Stein ursprünglich loser Sand oder Tonschlamm gewesen sein muß.

Der Absatz im Meere erfolgt stets von oben nach unten. Infolgedessen liegt die zuerst gebildete Gesteinsschicht zu unterst, die später folgenden liegen darüber. Da, wo zwei verschiedene Gesteine sich gleichzeitig nebeneinander bilden, kommt es vielfach zu gegenseitiger Ver-

zahnung (Wechselagerung), indem durch das Schwanken des Wasserstandes bald das eine, bald das andere Gestein zum Absatz kommt.

Versteinerungen sind die Überreste der zur Zeit der Gesteinsbildung lebenden Organismen. Die Schalen der Muscheln und Schnecken, die Knochen und Schuppen der Fische usw. werden im Schlamme eingebettet und versteinern oder hinterlassen einen Hohlraum (Abdruck). Die Körpersubstanz zersetzt sich zu Bitumen, das den Ton imprägniert; der Hohlraum zwischen den Schalen füllt sich mit Gestein aus und erhärtet (Steinkern). Durch Häufung solcher Reste entstehen die organischen Gesteine (Muschelkalk) bzw. Erdöl.

Die Schichtgesteine werden nach ihrem Hauptbestandteil eingeteilt in große Gruppen:

b) Kieselgesteine bestehen vorwiegend aus Quarz (Siliciumdioxid, SiO_2). Man unterscheidet sie nach der Korngröße: lose als Sand, Kies, Schotter, verfestigt als Quarzit, Sandstein, Konglomerat. Das Bindemittel der Sandsteine ist Siliciumdioxid, Ton oder Kalk. Die Farbe wird durch Minerallösungen (Eisenoxid gibt rote, Eisenhydroxid braune Farbe) oder durch Beimengungen von Glaukonit (grün) oder von Bitumen (schwarz) erzeugt.

Hierher gehören auch die organischen Bildungen der Kieselschiefer durch Radiolarien, der Feuersteine durch Kieselschwämme, der Kieselgur durch Diatomeen.

Die weicheren, bearbeitbaren Sandsteine liefern wertvolle Bau- und Werksteine, die härteren Quarzite Straßenschotter.

c) Kalkgesteine bestehen vorwiegend aus Calcium- oder Magnesiumcarbonat (Dolomit). Sie sind fast durchweg organischen Ursprungs, Muschelkalke, die aus Stielgliedern einer Seelilie zusammengesetzten Trochitenkalke, Korallenkalke, Süßwasser-Tuffe (Algenkalke).

Die Kalksteine unterscheiden sich durch Farbe, Struktur und Beimengungen. Feinkörnig sind die Lithographieschiefer des oberen Jura von Solnhofen, grobkörnig die aus kleinen Kügelchen zusammengesetzten Rogensteine des Buntsandsteins, porös sind die Schaumkalke des Muschelkalks, löcherig die Zellenkalke des Zechsteins.

Reine Kalksteine werden zu Brennkalk oder als Eisenerzzuschläge, tonige zur Zementbereitung verwendet. Schöngefärbte Kalksteine werden als „Künstlermarmor“ zu Ornamentsteinen verarbeitet, lockere Kalkmergel dienen als Düngemittel in der Land- und Forstwirtschaft zur Bindung der Bodensäuren.

d) Tongesteine bestehen vorwiegend aus Ton (Kaolin). In unverfestigtem Zustande sind sie plastisch, wassergesättigt werden sie wasserundurchlässig. Verfestigt bilden sie die Tonschiefer, welche in reinerer Beschaffenheit Dachschiefer liefern. Vielfach enthalten sie die fleischlichen Reste der früheren Organismen als Bitumen (bituminöse Schiefer), z. B. die Posidonienschiefer des unteren Jura, welche zur Ölgewinnung benutzt werden. Tone mit größerem Kalkgehalt werden als Mergel (Kreide)

bezeichnet. Bei Verwitterung gehen sie durch Abgabe von Kalk, Anreicherung des Sandes und Ausscheidung von Brauneisen in Lehm über. Auch der Löß gehört hierher.

e) Gips entsteht aus Anhydrit unter starker Volumenvermehrung durch Wasseraufnahme: CaSO_4 (Anhydrit) + $2\text{H}_2\text{O}$ (Wasser) = $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gips). Infolgedessen findet man den Gips ausschließlich an oder dicht unter der Tagesoberfläche, den Anhydrit nur innerhalb der Salzlager in der Tiefe. Der Gips unterscheidet sich von anderen Gesteinen leicht durch seine geringe Härte; er ist schon mit dem Fingernagel ritzbar. Reine, schöngefärbte Abarten werden zu Schmuck- und Gebrauchsgegenständen verarbeitet; der feinkörnige Alabaster ist für Kunstwerke geschätzt. Die sonstige Verwendung des Gipses namentlich zu Mörtel und Kunststeinen beruht darauf, daß er beim Brennen auf etwa 120° einen Teil seines Wassers verliert, den er beim Anfeuchten unter Erwärmung und Erhärtung wieder aufnimmt.

In Deutschland bildet der Gips mächtige, kilometerweit sich erstreckende Lager in der Zechsteinformation, namentlich am Südrande des Harzes, oder einzelne aufragende Pfeiler (Lüneburg, Segeberg i. Ho.) isolierter Salzstöcke und im Muschelkalk (Süddeutschland, Iphofen, Mitterndorf).

f) Salzgesteine nennt man in der Hauptsache die leichtlöslichen Natrium-, Kalium- und Magnesiumsalze. Das wichtigste ist das Steinsalz NaCl , das als Koch- und Speisesalz unentbehrlich ist. Als Mineral ist es leicht an seiner würfelförmigen Kristallform und Spaltbarkeit kenntlich, als Gestein bildet es, verunreinigt durch Ton und Anhydrit, bis 600 m mächtige Lager in der deutschen Zechsteinformation Norddeutschlands (Staßfurt) oder bis 40 m starke Lager im Muschelkalk Süddeutschlands (Württemberg) und im Salzkammergut. Viele kleinere Vorkommen speisen die Solquellen der Salinen.

Kalisalze enthalten als wirksamsten Bestandteil Kalium in verschiedenen chemischen Verbindungen. Die natürlich vorkommenden wichtigsten Kalisalze, Sylvin und Carnallit, bilden, mit Steinsalz vermengt, große Lager im deutschen Zechstein (Staßfurt, Thüringen, Werra, Hannover) und im Tertiär von Baden. Von Verunreinigungen tritt neben Anhydrit und Ton vor allem der Kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) auf. Die wichtigsten Salzgesteine werden als Sylvinit (Sylvin + Steinsalz), Hartsalz (Sylvin + Steinsalz + Kieserit), Carnallit (Carnallit + Steinsalz) unterschieden.

Bildung der Salzlager. Die Salzlager sind unzweifelhaft Ausscheidungen aus wässriger Lösung. Die chemische Verwitterung der Mineralien macht ungeheure Mengen von Natrium- und Kaliumsalzen frei, welche in Wasser gelöst den Meeren und Seen zufließen. Die Verdunstung des Wassers, z. B. in Wüstengebieten, führt im Laufe langer Zeiträume eine Konzentration herbei, die schließlich zur Ausscheidung von Mineralsalzen Anlaß gibt. Zuerst scheidet sich Calciumcarbonat ab, das

mit Ton zusammen überall die Unterlage der Salzlager bildet. Sodann folgt Calciumsulfat (Anhydrit und Gips), darüber Steinsalz und bei völliger

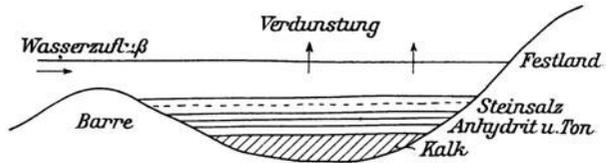


Abb. 7. Salzbuht und Steinsalzbildung.

Verdunstung des Wassers können sich schließlich auch die leichtlöslichen Kalisalze und Magnesiumsalze abscheiden. Werden sie nun von wasserundurchlässigen Gesteinsschichten (Ton) überdeckt, dann können sich solche Salzlagerstätten erhalten. Bei starker Überlagerung durch Deckschichten werden die Salze in großer Tiefe durch hohen Druck und Temperatur plastisch und pressen sich unter Umständen in Gebirgsspalten ein, auf diese Weise aus der Tiefe wieder emporsteigend. So sind z. B. die großen Salzstöcke der Zechsteinformation Norddeutschlands aus mehreren tausend Metern Tiefe bis zur Tagesoberfläche emporgestiegen, wobei sie vielfache chemische und mechanische (Faltungen) Umbildungen erlitten. Die Bildung der Staßfurter und anderer Kalisalzlager erklärt man sich auf folgende Weise: Ein langer schmaler Meeresarm wurde durch eine untermeerische Landschwelle (Barre) vom offenen Ozean abgeschnürt in ähnlicher Weise, wie es heute am Karabugas des Kaspischen Meeres der Fall ist. Durch Verdunstung des Wassers im trockenen Klima reichert sich die Salzlösung im Meeresarm immer mehr an. Über die Bodenschwelle fließt neues Meerwasser zu, während die schweren Salzlösungen zu Boden sinken, aber über die aufragende Schwelle nicht abfließen können, und schließlich Kalk, Gips und Steinsalz zur Ausscheidung bringen müssen. Durch geologische Vorgänge wird die Schwelle gehoben, schnürt den Meeresarm ganz ab, und das Wasser verdunstet. Nun scheiden sich über dem Steinsalz auch Kalisalze ab, die von Ton (Staubstürme oder neue Überflutung) bedeckt, vor späterer Auflösung geschützt erhalten bleiben. Der klimatische Wechsel führte bald zur Abscheidung von Steinsalz, bald von Anhydrit und so entstanden die „Jahresringe“ (Anhydritschnüre) im Steinsalz.

3. Fließendes Wasser wirkt im Gegensatz zum Meere nicht flächenhaft, sondern linienhaft, nur entlang seinem Laufe. Erfolgt örtlich ein Anstau, so kann auch ein Wasserlauf bei Hochwasser flächenhaft wirken.

Die am Gebirgshang entspringende Quelle stürzt als Wildbach mit raschem Gefälle zu Tal, reißt den losen Verwitterungsschutt mit, schleift ihn durch Abrollung zu Sand und Kies ab, gleichzeitig durch diese Reibung das Bachbett immer mehr vertiefend, einschneidend. Begünstigt wird diese „Erosion“ durch Auftreten kleiner Spalten und Risse im Gestein, die zu Klammern erweitert werden. Dieses Einschneiden des fließenden Wassers erfolgt von beiden Seiten des Gebirgshanges schon durch die als Regen fallenden Niederschläge. Aber nicht nur talabwärts wird der

Bachlauf vertieft, sondern auch talaufwärts (rückschreitende Erosion), und schließlich kommt der Zeitpunkt, wo der trennende Gesteinsriegel (Wasserscheide) durchnagt und das Gebirge durchbrochen wird, so daß nunmehr eine völlige Verlegung des Wasserlaufes erfolgen kann. Der Rheindurchbruch bei Bingen oder der Weserdurchbruch bei Porta ist ein deutliches Beispiel für die einschneidende und durchnagende Wirkung fließenden Wassers und die Verlegung des Flußlaufes. Die Einschnitte der alten Flußufer erhalten sich als Flußterrassen, die Schotter und Kiese auf höher gelegenen Stellen zeigen die frühere Höhenlage des Flusses an. Das genaue Verfolgen solcher Schotter und Terrassen im Gelände gestattet, die früheren Flußläufe mit großer Sicherheit wiederherzustellen.

Liegen härtere Gesteinsbänke im Flußlauf, so bilden sich Wasserfälle (Rheinfall bei Schaffhausen, Niagarafall in Nordamerika).

Die Höhe und Länge des durchsägten Gebirges gibt im Vergleich zum heutigen Einschneiden des Flusses eine Vorstellung von der Zeitdauer solcher geologischen Vorgänge.

In der Ebene nimmt durch Verminderung des Gefälles die Transportkraft des Wassers sehr ab. Dadurch entstehen dann die Kies- und Schotterablagerungen. Ihre Zusammensetzung zeigt, aus welcher Gegend die Wasserläufe oder ihre Nebenflüsse gekommen sind; denn sie enthalten alle Gesteine des Oberlaufes in bunter Mischung.

Zwischen diesen den Flußlauf oft verstopfenden Schottermassen sucht sich das Wasser seinen Weg durch Hin- und Herschlängeln (Mäander). Derartige Flußschlingen bilden sich in der Regel nur im Flachlande bei sehr geringem Gefälle. Wenn man nun an Flüssen des Gebirgslandes (Mosel) solche wiederholten Schlingen, verbunden mit Schotterterrassen, beobachtet, so kann man daraus schließen, daß der Fluß zur Zeit der Bildung dieser Mäander kein Gebirgsfluß war, sondern in flachem Lande floß. Das heutige Gebirge muß also nachträglich herausgehoben sein.

Der außerordentlich rasche Wechsel in der Richtung des fließenden Wassers, das bald hier eine Sandbank anschwemmt, bald dort sie wieder fortreißt, erzeugt eine sehr unruhige Schichtung seiner Sedimente, die diskordante oder Kreuzschichtung. Diese ist besonders bezeichnend für Deltabildungen, wo ja durch den Kampf des Flußwassers gegen die See fortwährende Verschiebungen in den Absätzen erfolgen.

4. Grundwasser und Quellen bilden sich, wenn wasserdurchlässige Gesteine (Sand, klüftiges Gebirge) von wasserundurchlässigen (Ton, dichte Gesteine) unterlagert werden. Die Niederschläge der Atmosphäre sickern, soweit sie nicht oberirdisch abfließen, in den durchlässigen Boden ein. Dieser nimmt sie auf und trägt sie in seinen Poren weiter (Wasserträger), bis eine wasserundurchlässige Schicht sie anstaut (Wasserstauer). Kommt eine solche wasserführende Schicht am Gebirgshang oder in Taleinschnitten zutage (streicht aus), so tritt das überschüssige Wasser als Quelle hervor.

Im Flachlande, wo solche natürlichen Einschnitte nicht vorhanden sind, staut sich das Sickerwasser im Untergrunde der oberflächlichen Sande über einer Tonschicht als Grundwasser flächenhaft an.

In natürlichen Senken sammelt sich derartiges Grundwasser und bildet die Seen und Teiche.

Die Quellen bezeichnet man je nach ihrer chemischen Beschaffenheit als alkalische (Natriumcarbonat [Fachingen]), Solquellen (Kochsalz [Kisingen, Nauheim]), Schwefelquellen (Schwefelwasserstoff [Aachen]), Säuerlinge (Eisensalze [Wildungen]), nach ihrer Temperatur als kalte oder warme Quellen (Wiesbaden, Baden-Baden).

Nach ihren geologischen Verhältnissen unterscheidet man die Quellen als absteigende, wenn das Wasser von oben nach unten, als aufsteigende, wenn es von unten nach oben fließt, als Schichtquellen, wenn sie auf einer Schichtfläche, als Spaltquellen, wenn sie an einer Störung zutage treten. Bei muldenförmiger Lagerung entstehen sog. artesische Quellen, in denen das Wasser nach dem Gesetz kommunizierender Röhren unter eigenem Druck aufsteigt.

Das Grundwasser ist für den Haushalt der Natur und für menschliche Bedürfnisse unentbehrlich. Es dient der Ernährung der Pflanzen und den Menschen als Trinkwasser. Seine möglichste Reinhaltung liegt also im öffentlichen Interesse und wird durch besondere Gesetze (Quellenschutzgesetz) geschützt.

Die im Wasser gelösten Mineralstoffe, besonders Calcium- und Magnesiumcarbonat und Calciumsulfat (Gips) erzeugen die Härte des Wassers. Das Calciumcarbonat löst sich im kohlenensäurehaltigen Wasser als Calciumhydrocarbonat. Beim Kochen zerfällt es wieder in Kohlensäure und Calciumcarbonat, das sich als Kesselstein absetzt.

Beim Verdunsten des Wassers oder Verlust des Lösungsmittels (Kohlensäure) werden die gelösten Stoffe als Kalktuff oder Sprudelstein abgesetzt. Trifft das Wasser unterirdisch lösliche Gesteine, z. B. Kalksteine, Gipse, so entstehen Höhlen, an deren Wänden ein Teil der gelösten Stoffe als Sinter oder Tropfsteine wieder ausgeschieden wird.

Jedes, auch das dichteste Gestein enthält eine gewisse Menge von Feuchtigkeit (Bergfeuchte), die unter anderem seine künstliche Bearbeitung erleichtert.

5. Eis ist vornehmlich in den **Gletschern** unserer Hochgebirge und im **Inlandeis** der Polargegenden geologisch tätig.

Die als Schnee fallenden Niederschläge können trotz Sonnenbestrahlung in der niederen Temperatur nicht abschmelzen und häufen sich deshalb in den Sammelbecken (Firnfelder und Firnmulden) an. Der Schnee geht als Lawine zu Tal oder schmilzt unter eigenem Druck sowie durch wiederholtes Auftauen und Wiedergefrieren zu Firneis. Dieses schiebt auf geneigtem Boden, unterstützt durch teilweises Schmelzen, langsam hangabwärts und wird damit zum Gletscher (Abb. 8).

Von den über die Schneefelder aufragenden Bergspitzen sprengen Frost und Verwitterung Gesteinsstücke ab, die auf der Oberfläche



Abb. 8.
Gletscher-
landschaft
des Rosegg-
gletschers.

In Firnmulden häuft sich Schnee an, fließt als Firneis zu Tal, Gletscher bildend. Von entblößten Gesteinswänden bröckelt Gestein ab, häuft sich an ihrem Fuße als Seitenmoräne an. Stoßen zwei Gletscher zusammen, so entsteht aus den sich berührenden Seitenmoränen eine Mittelmoräne. Quer- und Längsspalten durchziehen den Gletscher, unter dem am Gletschertor die Schmelzwasser als Gletscherbach zutage strömen. Vor dem Gletscherende häufen die Geschiebe sich zu Endmoränen an.

des Gletschers an den Seiten als Seitenmoränen sich sammeln. Da, wo aus einem Nachbartal ein zweiter Gletscher sich mit dem ersten vereinigt, schließen sich die einander berührenden Seitenmoränen zu einer Mittelmoräne zusammen. Aus der Anzahl der Mittelmoränen kann man also die Anzahl der miteinander vereinigten Gletscher bestimmen.

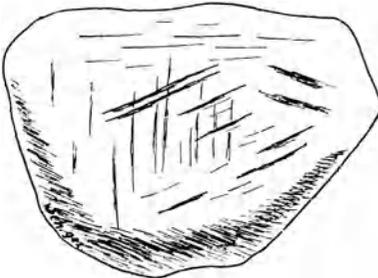


Abb. 9. Gletschergeschiebe.
Kanten gerundet, geglättet und
geschrammt.

Die Schuttmassen schmelzen in das Eis ein, werden zu Innenmoränen und gelangen schließlich auf den Grund des Gletschers, hier eine Grundmoräne bildend. Auf dem Untergrunde werden sie fortgeschoben, reiben sich aneinander und verlieren dadurch die scharfen Verwitterungskanten, sie werden kantengerundet. Ihre Oberfläche wird poliert, mit Kratzen und Schrammen bedeckt; es entsteht das Gletscher-Geschiebe (Abb. 9). In ähnlicher Weise wird auch der Felsuntergrund geglättet und geschrammt (Gletscherschliffe), Rund-

höcker, wie man sie in schönster Weise in dem Gletschergarten von Luzern (Abb. 10) beobachten kann.

Das unter dem Eise fließende Schmelzwasser, der Gletscherbach, erzeugt durch drehende Bewegung der Geschiebe Strudellöcher, sog. Gletschermühlen.

Vor dem Rande des Gletschers häuft sich der Schutt als Endmoräne oder Stirn- moräne an. Der sie durchquerende Gletscherbach führt den feineren Ton- schlamm als Gletschertrübe fort. Deshalb bestehen die Endmoränen in der Hauptsache aus sog. Blockpackungen, zwischen denen feineres Material fehlt.

Derartige Gletscherwirkungen in heute eisfreien Gebieten (Voralpen, Nord- deutschland) lassen schließen, daß hier in der Vorzeit Gletscher gelegen haben müssen, deren Spuren uns heute als Gletscherschliffe, Geschiebemergel, erratische Blöcke und Endmoränen erhalten sind.

Gelangen Gletscher an der Küste ins Meer, so bricht infolge des Auf- triebes im Wasser die vordere Gletscherzunge ab, die Eisschollen schwimmen ins Meer hinaus und gefährden als Eisberge die Schifffahrt.

Die gewaltigen Schmelzwasser der diluvialen Gletscher in Norddeutsch- land haben dort die breiten Urstromtäler der Elbe, Oder usw. aus- gewaschen.

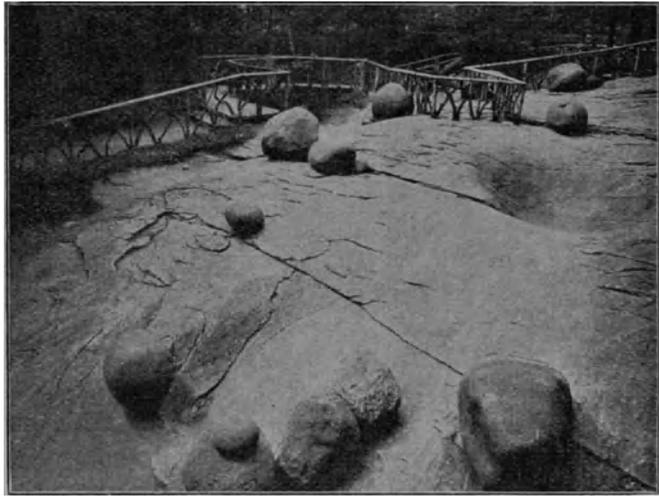


Abb. 10. Gletschergarten in Luzern. Felsoberfläche vom Gletscher geglättet und geschrammt, Gletschermühlen. (Nach Phot. v. Schroeder & Co., Zürich.)

IV. Bewegungen der Erdrinde.

1. a) **Erdbeben** nennt man natürliche Erschütterungen des Erd- bodens, mögen sie ihre Ursache haben im Zustande des Erdinnern, dessen Spannungen sich in Verschiebungen der Erdschollen (tekto- nische Beben) auslösen, oder in vulkanischen Kräften (vulkanische Beben) oder in Einstürzen unterirdischer Hohlräume (Einsturzbeben).

Die Erschütterungen pflanzen sich wellenförmig quer durch das Erdinnere und längs der Erdoberfläche fort. Sie setzen in den Erdbebenwarten Pendel- apparate in Schwingungen, die durch eine selbsttätige Schreibvorrichtung die Ausschläge in sog. Seismogrammen aufzeichnen. Aus der Zeitfolge der

Schwingungen und der Art der Ausschläge läßt sich dann der Ort des Bebens und sein Sitz im Erdinnern berechnen.

Die Wirkungen der Erdbeben bestehen in mehr oder weniger heftigen Stößen, welche den Erdboden zerreißen, Felsen zersplittern, oder feste Gesteine unter gewaltigen Umformungen (metamorphe Gesteine) zusammenfallen. Die einstürzenden Häuser und Bauten, die gegen den Strand brandenden Flutwellen (Seebeben) vernichten in wenigen Sekunden Menschenwerke und Menschenleben wie keine andere Naturkraft.

Durch zahlreiche Beben heimgesucht wird vor allem die Umgebung des Mittelländischen Meeres und Japan. In Deutschland treten sie besonders im Gebiet des mittleren Rheintales und im sächsischen Vogtlande auf.

b) Gebirgsbildung. Gebirge entstehen außer durch vulkanische Kräfte (vulkanische Gebirge, Eifel, Vogelsberg) und die einschneidende und abtragende Tätigkeit des fließenden Wassers (Erosionsgebirge, Schwäbisch-fränkischer Jura), vor allem durch Bewegungen der Erdrinde, durch Schollenverschiebungen längs Spalten (Schollen- oder Bruchgebirge, Hessisch-Thüringisches Bergland) oder Faltungen (Faltengebirge, Alpen). Werden alte Faltengebirge durch Verwitterung und Abtragung nachträglich eingeebnet, so bleiben die Rumpfe der Falten (Rumpfbirge, Harz, Rheinisches Schiefergebirge, Erzgebirge) übrig. Derartige Verschiebungen der ursprünglich eben gelagerten Gesteinsschichten erzeugen die verwickelten Lagerungsverhältnisse (Tektonik), wie wir sie heute in unseren Gebirgen beobachten. Mit ihrer Aufklärung beschäftigt sich die tektonische Geologie.

e) Metamorphe Gesteine. Bei der Gebirgsbildung werden die Gesteine weitgehend umgewandelt (metamorphosiert). Der starke Druck bewirkt eine mehr oder weniger gleichgerichtete Anordnung der Mineralien (Schieferung), die entstehende hohe Temperatur im Verein mit heißen Lösungen eine Umkristallisation. Infolgedessen kann man teilweise in den kristallinen Schiefen noch das Ursprungsmaterial erkennen (geschieferter Granit), teilweise aber geben nur zufällig erhaltene Einschlüsse, Gerölle oder Versteinerungen, Aufklärung über ihre Herkunft aus Sedimenten.

Die wichtigsten hierher gehörigen Gesteine sind Gneis, einem schieferrigen Granit ähnlich, Glimmerschiefer und Phyllit, welche beide aus Tonschiefern entstehen.

Auch die Bildung der Dachschiefer gehört hierher.

2. Schichtenlagerung (Tektonik). **a) Geologische Schicht** nennt man eine Ablagerung gleichartigen Materials; ihre Dicke (Mächtigkeit) wechselt ebenso wie ihr Auftreten an der Oberfläche (Ausstrich). Sie wird dicker oder dünner (keilt aus). Die verschiedenen Schichten liegen gleichförmig oder ungleichförmig übereinander, gestört oder ungestört, horizontal, geneigt, gefaltet. Ihre Lage im Raume (Abb. 11) wird durch zwei Richtungen, Streichen und Fallen, festgelegt. Das Streichen

ist die Richtung einer in der Schichtfläche liegenden Horizontalen, das Fallen die Neigung der Schichtfläche gegen eine Horizontale, senkrecht zum Streichen. Man mißt beide mittels des geologischen oder bergmännischen Kompasses.

b) Geologisch-bergmännischer Kompaß. Auf einer rechteckigen Messingplatte ist das eine große, horizontal schwingende Magnetnadel enthaltende Kompaßgehäuse so angebracht, daß die Längskante mit der N-S-Richtung einer Gradteilung zusammenfällt. Die Magnetnadel, durch eine Schraube feststellbar, schwingt über einer Teilung, die von N über O beim geologischen Kompaß in 360 Grade, beim bergmännischen Kompaß in 2×12 Stunden geteilt ist. Zwecks unmittelbarer Ablesung beim Messen ist O und W in der Teilung vertauscht.

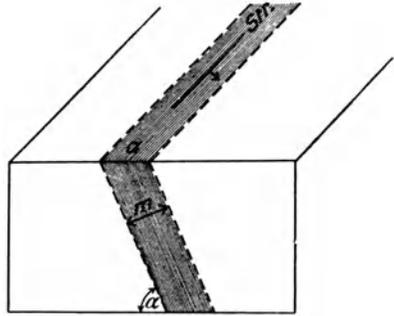


Abb. 11. Streichen und Fallen einer geneigten geologischen Schicht. a = Ausstrich, α = Neigungs(Fall-)winkel, m = Mächtigkeit, *Str.* = Streichen.

Zum Messen des Streichens (Abb. 12) legt man die der N—S-Richtung entsprechende Längsseite des Kompasses horizontal an die Schichtfläche,

läßt die Nadel einspielen und liest an ihrer blauen Nordspitze auf der Teilung die Abweichung von der N—S-Linie ab, wobei etwaige Fehler durch mehrmaliges Wiederholen möglichst ausgeglichen werden. Dieses gemessene Streichen stimmt aber nicht mit dem wahren Streichen überein, weil infolge Abweichung der Magnetnadel von der N—S-Linie der magnetische Meridian nicht mit dem astronomischen zusammenfällt. Der Grad und die Richtung der Abweichung (Deklination) ist verschieden nach Ort und Zeit. In Mitteldeutschland beträgt sie etwa 11° nach Westen. Von einem zwischen N und O gemessenen Streichen muß also der Betrag der westlichen Abweichung abgezogen, bei westlichem Streichen aber zugezählt werden, um das wahre Streichen zu erhalten.

Zum Messen des Fallwinkels (Abb. 13) dient eine kleine, am Kompaßangebrachte Pendel-

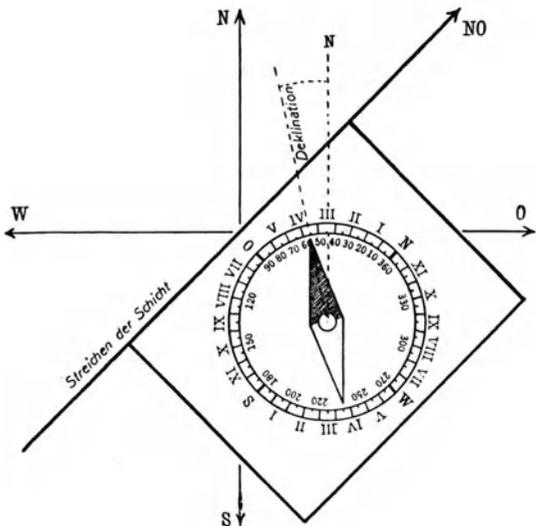


Abb. 12. Messung des Streichens einer Schicht mittels des geologisch-bergmännischen Kompasses. Die arabischen Zahlen (0 bis 360) innerhalb des Teilkreises entsprechen der Grad-, die lateinischen (I bis XII) außerhalb des Teilkreises der Stundeneinteilung. O- und W-Richtung sind vertauscht. Der Neigungsmesser ist der Deutlichkeit halber fortgelassen.

vorrichtung (Klinometer oder Neigungsmesser). Beim Aufsetzen der Längsseite auf die Schichtfläche, senkrecht zum Streichen, spielt der Neigungsmesser

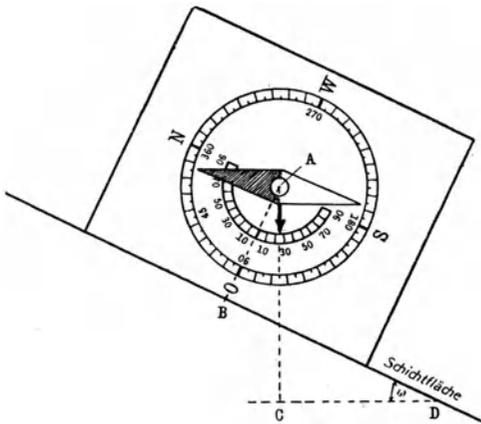


Abb.13. Messung des Fallwinkels mittels des Klinometers. Die Gradteilung ist der Deutlichkeit halber nur teilweise ausgeführt. Das Einfallen beträgt hier etwa 25° .

Spalten, die durch Mineralien (Quarz, Erze) oder Eruptivgesteine ausgefüllt sind, nennt man Gänge (Harz, Siegerland).

Liegen mehrere Verwerfungen (Abb. 14) nebeneinander, so entsteht ein Horst, wenn beiderseits einer Scholle die Schichten absinken, ein Graben, wenn eine Scholle zwischen zwei anderen in die Tiefe sinkt (Oberrheintal).

Durch Druck entstehen Auffaltungen (Sattel), oder Einfaltungen (Mulde); bei ersteren fallen die Schenkel oder Flügel entgegengesetzt nach außen, bei letzteren einander zugeneigt nach innen. Durch Abtragung der aufragenden Sättel entstehen sogenannte Luftsättel (Abb. 15).

Eine dritte Form der Störungen sind Transgressionen, d. h. das Übergreifen einer Schicht auf weit ältere unter Ausfallen der Zwischenstufen.

d) **Geologische Karten** entstehen durch maßstäbliche Eintragung des Ausstriches der geologischen Schichten und der Störungen in Land-



Abb. 14. Schichtenverschiebungen an Verwerfungen.



Abb. 15. Schichtenverschiebung durch Faltung.

über eine Teilung von $2 \times 90^{\circ}$. In den meisten Fällen wird wegen Unregelmäßigkeit der Schichtfläche das Fallen statt durch Auflegen des Kompasses sehr viel genauer aus der Entfernung durch Anvisieren der Schichtfugen bestimmt. Die Gleichheit des gemessenen Winkels (BAC) und des Fallwinkels (BDC) ergibt sich aus der gegenseitigen rechtwinkligen Stellung ihrer Schenkel.

e) **Geologische Störungen** sind Spalten mit vertikalen oder horizontalen Verschiebungen (Verwerfungen [Abb. 14]). Die gegenseitige Entfernung der ursprünglich zusammenhängenden Schichtenteile nennt man Sprunghöhe.

Je nach der Größe des Maßstabes unterscheidet man sie als Spezial- und als Übersichtskarten. Als Spezialkarten gelten in Deutschland die sog. Meßtischblätter im Maßstab $1 : 25\,000$, auf denen die Höhen durch Höhenlinien dargestellt sind. Sie gestatten dadurch weitgehende mathema-

tische Konstruktionen, die nicht nur für die wissenschaftliche, sondern vor allem für die praktische Geologie (Bergbau) von großer Wichtigkeit sind. Die Karte gibt also die geologischen Verhältnisse der Erdoberfläche im Grundriß (Abb. 16) wieder.

Legt man einen Schnitt senkrecht zur Oberfläche (Aufriß), so erhält man ein geologisches Profil (Abb. 17). Dieses zeigt unter Berücksichtigung der eben erwähnten mathematischen Beziehungen zwischen Geländebeschaffenheit und Streichen und Fallen der Schichten ihre Lagerung nach der Tiefe.

Die geologischen Formationen und ihre Unterabteilungen werden auf den Karten durch verschiedene, aber bestimmte Farben unterschieden und durch eingeschriebene Abkürzungen genauer bezeichnet. So bedeutet z. B. blaue Farbe die Juraformation, welche dunkelblau als unterer Jura oder Lias, hellerblau als mittlerer Jura und hellblau als oberer Jura unterteilt wird.

Die Farbe bezeichnet nur das geologische Alter der betreffenden Schichten, nicht aber ihre Gesteinsbeschaffenheit. Diese muß aus den jeder Karte beigegebenen Erläuterungen entnommen werden. Im Gegensatz zu den Schichtgesteinen werden die Eruptivgesteine durch abweichende Farben hervorgehoben.

Nach einer geologischen Karte zeichne man das Profil in folgender Weise: Zeichne die Profillinie (W—O). Übertrage ihre Schnittpunkte mit den Höhenlinien (160 m usw.) unter genauester Beschriftung auf eine Grundlinie. Errichte über dieser Senkrechte bis zum Schnitt mit den entsprechenden Höhenabständen. Die sinngemäße Verbindung dieser Schnittpunkte ergibt das Gelände- (topographische) Profil.

Übertrage in dieses in ähnlicher Weise, am besten durch Anlegen eines Papierstreifens, die geologischen Schnittpunkte der Profillinie und verbinde die gleichen Schichtgrenzen sinngemäß. Zeichne die geologischen Störungen

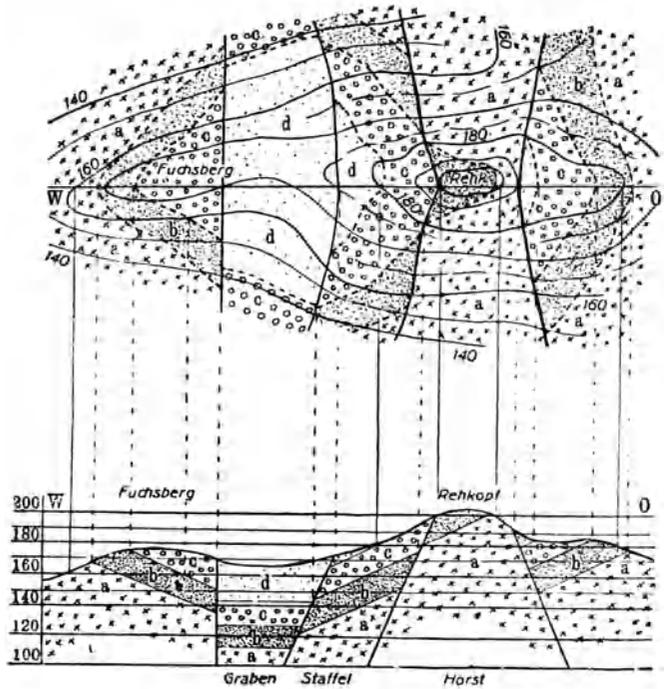


Abb. 16 u. 17. Geologische Karte (oben) und Geologisches Querprofil (unten).
(Aus Fr. Schöndorf, Prakt. Verwertung Geol. Karten u. Profile.)

im allgemeinen, wenn ihr Fallen nicht sicher zu erkennen ist, steil nach der jüngeren Formation geneigt. Die Lagerung der Schichten ergibt sich aus dem Verlauf der Schichtgrenze zu den Höhenlinien: läuft sie diesen parallel, so liegt die Schicht horizontal, verläuft sie gerade über Berg und Tal, so steht sie senkrecht oder sehr steil, bildet sie Kurven, so ist sie flacher geneigt. In der Regel fallen die Schichten unter die nächst jüngere Nachbarschicht.

Mit Hilfe derartiger Konstruktionen lassen sich die Tiefen von Bohrlöchern und Schächten zur Erschließung eines Flözes errechnen, die in einem Tunnel zu durcharbeitenden Gesteinsschichten, Wasserhorizonte bestimmen und viele andere praktisch wichtige Fragen des Ingenieur Tief- und Bergbaues lösen.

V. Organismen.

Organismen, **Tiere** und **Pflanzen**, wirken geologisch zerstörend und aufbauend namentlich durch die Entnahme und Wiederabscheidung von Calciumcarbonat, Bildung von Humusgesteinen (Kohlen) und Erdöl.

Bohrmuscheln und Bohrschwämme durchlöchern den Felsen am Strande, wühlende und grabende Tiere (Maulwürfe, Regenwürmer) unterhöhlen die oberflächlichen Erdschichten, sorgen dadurch für Durchlüftung und Auflockerung und bringen dauernd frischen Boden zutage, ihn immer wieder der Verwitterung aussetzend. Hierdurch wird die Bildung der Ackerkrume, des Nährbodens unserer Pflanzenwelt, sehr gefördert.

Flechten, Pilze und Pflanzenwurzeln dringen in die feinen Haarrisse fester Gesteine ein, erweitern sie und wirken lösend durch ihre chemischen Zersetzungsprodukte.

Aus dem Wasser scheiden die Organismen Calciumcarbonat aus und benutzen es zum Aufbau ihrer Schalen (Muscheln, Stachelhäuter) oder Skelette (Korallen), dadurch Muschelkalke oder Riffbildungen erzeugend. Selbst mikroskopisch winzige Gehäuse, wie Foraminiferenschalen, können im Laufe langer Zeiten mächtige Kreidelager bilden.

Von höheren Tieren bleiben Knochen, Kotballen, Schuppen übrig und erzeugen, in gewissen Schichten angehäuft, Knochenbette, die wie der Kot lebender Vögel (Guano) wichtige Lagerstätten von Phosphorit bilden.

Die Kieselpanzer kleiner Süßwasseralgen (Diatomeen) bauten in der Diluvialzeit die Kieselgurlager der Lüneburger Heide, die leicht zersetzlichen Nadeln von Kieselschwämmen in der Kreideformation die Feuersteine oder die Radiolarien der Steinkohlenzeit die Kieselschiefer.

Erdöl. Die im Wasser massenhaft lebenden Kleinorganismen (Plankton) sinken beim Tode zu Boden, vermischen sich hier mit dem feinen Tonschlamm und werden dadurch vom Sauerstoffzutritt abgeschlossen. Ihre Fette verfaulen und liefern flüssige oder gasförmige Zersetzungsprodukte, welche den Schlamm (Faulschlamm) durchsetzen, der schließlich zu bituminösen Gesteinen (Posidonienschiefer) erhärtet. Werden diese Zersetzungsprodukte später durch irgendwelche geologische Vorgänge frei, dann entstehen die Erdgas- (Methan) oder Erdölquel-

len, wie solche in Deutschland bei Hannover (Abb. 18) oder im Ausland (Galizien, Rumänien, Rußland, Amerika) angetroffen werden. Beim Austritt solcher Erdölquellen an die Luft oxydiert und zerfällt das Bitumen zu Asphalt.



Phot. Schöndorf 1925.

Abb. 18. Erdölbohrungen in der Lüneburger Heide. Das Erdöl wird durch Tiefbohrungen erbohrt (100—1000 m) und dann zu Tage gepumpt.

Torf, Kohle.
Pflanzen, welche in oder an Teichen und anderen Gewässern

wachsen, zersetzen sich beim Absterben im Wasser unter ungenügendem Sauerstoffzutritt. Hierdurch kann nicht aller Kohlenstoff zu Kohlendioxyd oxydieren, sondern bleibt teilweise erhalten. Moose (Sphagnum) und andere Gewächse (Schilf) bilden dadurch den Torf, feste holzige Bestandteile führten in der Vorzeit zur Bildung der Kohlen. Diese unterscheidet man als Braunkohlen, welche der Tertiärzeit angehören und aus Nadel- bzw. Laubhölzern entstanden, und als Steinkohlen, welche sich zur Karbonzeit aus Baumfarnen und baumartigen Bärlappgewächsen bildeten. Durch Umbildung bei starkem Gebirgsdruck usw. entstanden hieraus die Anthrazite. Durch mehrmalige Kohlenbildung an der gleichen Stelle erklären sich die zahlreichen Kohlenflöze unserer Steinkohlenreviere (Ruhr, Saar, Schlesien).

B. Erdgeschichte. (Historische Geologie.)

1. Die geologischen Schichten und ihr Alter. Die Erdgeschichte (historische Geologie) behandelt die Entwicklung der Erde und ihre Veränderungen seit Anbeginn ihres Entstehens bis zur Gegenwart.

Wie die Geschichte der Völker und Staaten nach besonderen Ereignissen (Herrschergeschlechtern, Kulturzuständen) oder nach Jahren in gewisse Zeitabschnitte eingeteilt wird, so wird auch die Geschichte der Erde nach geologischen Zeitabschnitten gegliedert. Die Zeitdauer geologischer Zeitalter wird aber nicht nach Jahren abgegrenzt, sondern nach der Ausbildung der Gesteinsschichten, nach besonderen großen geologischen Ereignissen oder der Entwicklung der Lebewelt.

Es wechseln lange Zeiten der Ruhe, kenntlich an dem ungestörten Absatz feinkörniger Sedimente und stetiger Entwicklung der Meerestiere, mit Perioden

erhöhter vulkanischer Tätigkeit oder mit solchen, wo unter Bewegungen der festen Erdrinde die Meeresfluten die Festländer überschwemmten und weitgehend abtrugen oder wo Gletscher und Inlandeismassen vorher eisfreies Gebiet überzogen, wo üppiger Pflanzenwuchs und reiches Tierleben durch Wüstenklima vernichtet wurde, in welchem nur Salzseen aus verdunstendem Meerwasser sich bildeten. Alle diese Ereignisse haben untrügliche Spuren in den Gesteinen hinterlassen.

Die im Wasser abgesetzten Gesteine sind ursprünglich wagerecht abgelagert. Heute finden wir sie sehr vielfach aufgerichtet, gestört, gefaltet. Immer aber gilt der Satz, daß das liegende (untere) Gestein älter ist als das hangende (obere). So bietet die Lagerung der Gesteine einen weiteren Anhalt für ihr geologisches Alter, insofern sie angibt, ob eine Schicht älter oder jünger ist als eine andere. (Relatives Alter.)

An keinem einzigen Punkte der Erde sind alle Gesteinsschichten vollständig übereinander zum Absatz gekommen, Ablagerung (Sedimentation) wechselte mit Abtragung (Denudation), und so klaffen mitunter große Schichtlücken in der Schichtenfolge. Der Vergleich zahlreicher Einzelprofile untereinander gestattet aber, diese Lücken in vielen Fällen zu ergänzen und die hier fehlenden Schichten dort aufzufinden. Gewisse Zeiten sind z. B. durch ein fast allgemeines Vordringen (Transgressionen) der Meere ausgezeichnet, womit natürlich große Umwälzungen in der Fauna und Flora verbunden sind. Infolgedessen bieten solche Transgressionen auch wertvolle Anhaltspunkte für eine geologische Zeiteinteilung.

Die Erfahrung hat ferner gezeigt, daß fast jede nichtvulkanische Schicht durch bestimmte Organismenreste (Leitfossilien) charakterisiert ist.

Die Verschiedenheit der Tier- und Pflanzenwelt zu den verschiedenen Zeiten erklärt sich durch ihre Weiterentwicklung. Diese hat ihre Ursache in klimatischen und sonstigen Änderungen der Lebensbedingungen (Überflutungen, Anpassung) und führte im allgemeinen zu immer höherer Organisation, je mehr wir uns der Jetztzeit nähern.

Die zum Teil tief einschneidenden und in der Organisation der Tier- und Pflanzenwelt zum Ausdruck kommenden Veränderungen gestatten es, die Vorgeschichte unserer Erde in gewisse **Zeitalter** und diese wieder in **Unterabteilungen (Formationen)** einzuteilen. Viele Arten und ganze Gruppen haben diese Veränderungen nicht zu überstehen vermocht und sind ausgestorben, andere haben sich neu gebildet.

Die Beschaffenheit mancher Gesteine (Schreibkreide, Kohlen) ist zwar für bestimmte Formationen auch sehr bezeichnend, aber nur innerhalb geringer räumlicher Entfernung; für fremde Länder versagt sie vollkommen, da das gleiche Gestein sich zu verschiedensten Zeiten bilden kann, wenn nur die äußeren Bildungsbedingungen die gleichen sind, andererseits aber zu gleicher Zeit recht verschiedene Gesteine (Meeres-, Land-, Süßwasser-, vulkanische usw. Ablagerungen) entstehen können. Derartige Unterschiede gleichalteriger Gesteine nennt man **Facies**.

Die Eruptivgesteine haben an und für sich keine ihr geologisches Alter beweisenden Kennzeichen, sie sind jünger als die von ihnen durchbrochenen oder veränderten Gesteine und älter als diejenigen, die Gerölle von ihnen enthalten.

2. Übersicht der geologischen Zeitalter, Formationen und wichtigeren Abteilungen.

Zeit- alter	Forma- tionen	Abteilungen	Bemerkenswerte Kennzeichen und Ereignisse
VI. Neuzeit	Quartär	Alluvium (Jetztzeit)	Menschliche Reste, heutige Bildungen.
		Diluvium (Eiszeit)	Entstehung des Menschen, ältere Steinzeit, Vereisung, Moränen, Urstromtäler, Löß, Mammute, Höhlenbär.
	Tertiär	Jungtertiär	nach starker Meeresbedeckung Aussüßung zu kleineren Süßwasserbecken, schließlich Landbildung, Braunkohlen, Bernstein, starke Gebirgsbildg. u. Vulkanismus (Basalt, Trachyt), Kalisalze in Baden und im Elsaß, Ausbreitung der Säugetiere und Knochenfische.
		Alttertiär	
V. Mittelalter	Kreide	Oberkreide	größte Meeresbedeckg., starke Entwickl. u. Aussterben d. Ammoniten u. echten Belemniten, Saurier. Entwickl. d. Laubbäume; Deisterkohlen, Elbsandsteingeb., Schreibkreide.
		Unterkreide	
	Jura	Oberer (weißer) Jura	starke Meeresbedeckung, reiches Tierleben (Ammoniten, Belemniten, Riffkorallen, Schwämme, Meeressaurier, Flugsaurier und Entstehung d. Vögel [Archaeopteryx]). Tone, Kalke, Dolomite (Schwäb. u. Fränk. Alb).
		Mittlerer (brauner) Jura	
		Unterer (schwarzer) Jura	
	Trias	Keuper	vorwiegend Landbildung, bunte Sandsteine, Mergel; Landsaurier, erste Säugetierreste.
Muschelkalk		Meeresbildung mit Ceratiten- und Seelilienkalken, Meeressaurier; Steinsalze und Gips in Süddeutschland und den Alpen.	
Buntsandstein		vorwiegend Landbildung, bunte Sandsteine und Mergel, zu oberst mit Salzen, Ausbreitung der Koniferen.	
IV. Altertum	Dyas (Perm)	Zechstein	Kupferschief., Stein- u. Kalisalze i. Norddtschl.
		Rotliegendes	stark. Vulkanismus (Porphyry u. Melaphyr), vorw. Landbildg. (Konglomerate, Sandsteine), Steinkohlen bei Dresden u. in Böhmen.
	Karbon	flözführendes Karbon	Steinkohlenbildg., starke Gebirgsbildg., Tiefengesteine (Granit), mächtige Entwicklung der Farne-, Bärlapp- und Schachtelhalmgewächse und der Amphibien, erste Reptilien.
		flözleeres Karbon	
	Devon		Grauwacken, Sandsteine, Quarzite, Kalke und Schiefer mit altertümlicher Fauna, später Landpflanzen. Im Cambrium eine Eiszeit im Norden und Wüstenbildungen, reiche Erzführung, untermeerische Vulkantätigkeit (Diabas) im Devon.
	Silur		
Cam- brium			
III. Voraltertum			Entstehung des organischen Lebens. Mächtige Eruptivgesteine. Große Störungen.
II. Urzeit (Archaisches Zeitalter)			erste vulkan. Erstarrungskruste, dann Niederschlag heiß. Wassers, hochkrist. u. metamorphe Gesteine (Urgneis, Urschiefer, Marmor), leblos.
I. Sternzeit der Erde			leuchtendes Gestirn glutiger Gase u. Schmelzfluß. Kant-Laplace-Theorie.

3. I. Sternzeit der Erde. Die Entstehung der Erde als Weltkörper erfolgte nach den Theorien von Kant und Laplace dadurch, daß von dem ursprünglich gasförmigen Zentralkörper (Sonne) durch Zentrifugalkraft einzelne Teile (Planeten) abgeschleudert wurden, die unter Beibehaltung der ursprünglichen Bewegungsrichtung den Zentralkörper umkreisen und ihrerseits wieder kleinere Begleitkörper (Monde) abschleudern. Alle diese Körper unterliegen einer zwar langsamen, aber beständigen Abkühlung und verdichten sich dadurch zu glutflüssigen und schließlich durch Erstarrung der äußeren Kruste (Urgebirge) zu festen Körpern mit mehr oder weniger glutigem oder starrem, gespanntem Innenkern.

4. II. Urzeit der Erde. Sie rechnet von der Zeit der Bildung einer festen Erdkruste bis zum Auftreten organischen Lebens. Die hohe Temperatur, die von vulkanischen Aushauchungen vergiftete Atmosphäre gestattete noch kein organisches Leben (azoische Periode).

Kristalline Gesteine unter hohem Druck und hoher Temperatur gebildet, anfänglich nur Eruptivgesteine, später nach Kondensation des Wassers auch Sedimentgesteine, aber ohne organisches Leben und daher ohne Versteinerungen. Diese erste, Tausende von Metern mächtige Erstarrungskruste der Erde (Urgebirge) bildet die Unterlage aller späteren Formationen und hat sämtliche Erderschütterungen durchgemacht; daher sind die Gesteine im höchsten Maße verändert (metamorphosiert), vorwiegend Urgneise, Glimmerschiefer und Urtonschiefer (Phyllite), daneben Granite und Syenite als Stöcke und Gänge, Quarzite und Marmore und zahlreiche Erze.

Erzgebirge, Thüringer Wald, Schwarzwald, Vogesen, Odenwald, Bayrisch-Böhmischer Wald, Skandinavien und Finnland.

5. III. Voraltertum der Erde. Es beginnt mit dem Auftreten des organischen Lebens.

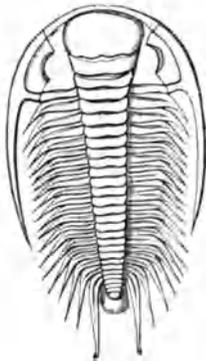


Abb. 19. Trilobit (*Paradoxides*) aus dem Cambrium Böhmens. $\frac{1}{2}$ der nat. Größe, die Längs- und Querdreiteilung des Körpers zeigend, daher der Name.

Dem Urgebirge ähnliche, sehr mächtige, kristalline Gesteine mit eingelagerten Sandsteinen, Grauwacken, Tonschiefern und Kalksteinen mit den ersten Versteinerungen (Urtiere, Stachelhäuter, Muscheln, Würmer, Krebse).

Das sog. Eozoon ist eine anorganische Serpentinbildung. Nordamerika, Finnland, Böhmen.

6. IV. Altertum der Erde. Mächtige (bis 20 000 m) Folge von Sandsteinen, Grauwacken, Quarziten, Tonschiefern und Kalken mit altertümlicher Flora (baumartige Farne und Bärlappgewächse, später auch Cykadeen und Koniferen) und Fauna. Leitfossilien sind eigenartige Krebse (Trilobiten [Abb. 19]), Panzerfische, Panzeramphibien und Vorläufer der Ammoniten (*Goniatiten*).

Anfänglich meist Meeres-, später auch ausgedehnte Landbildungen (Sümpfe mit Kohlen-, Wüsten mit

Salzbildungen) und große vulkanische Ausbrüche. Eine Eiszeit zu Beginn im Norden und gegen Ende im Süden und in Indien. In der Steinkohlenzeit Entstehung eines stark gestörten Faltengebirges (Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Thüringer Wald) in Deutschland. Reich an Erzlagern und Gängen.

a) **Cambrium, Silur, Devon**, zuerst in England näher erforscht, daher die Bezeichnung nach englischen Landschaften und Volksstämmen.

In Deutschland nur das Devon weiter verbreitet (Rhein. Schiefergebirge, Harz, Fichtelgebirge, Thüringer Wald) mit dem brachiopodenreichen Spiriferensandstein (Koblenzer Grauwacke) und dem technisch wertvollen Massenkalk (Marmor im Lahntal und im Harz), Erzgänge im Harz und Rheinland.

Bemerkenswert ist, daß im untersten Cambrium Skandinaviens und Sibiriens deutliche Spuren einer gewaltigen Eiszeit und daneben auch Wüstenbildungen gefunden sind (also kein gleichmäßiges Klima). Untermeerische Vulkanausbrüche im Devon (Diabas).

b) **Carbon** (carbo = Kohle) oder Steinkohlenformation, ausgezeichnet durch seine Steinkohlenflöze (Abb. 20). Gegenüber dieser produktiven

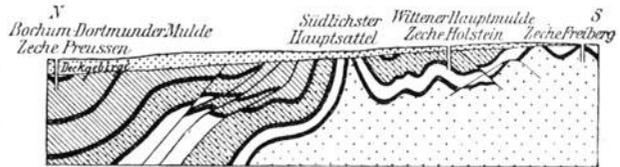


Abb. 20. Durchschnitt durch das westfälische Steinkohlenbecken, nach Krusch.

Maßstab: 1:150000.

Steinkohlenflöze (schwarz) stark gefaltet und verworfen, im Süden zutage ausgehend, nach Norden von mächtigem Deckgebirge bedeckt, daher hier die tiefen Schächte.

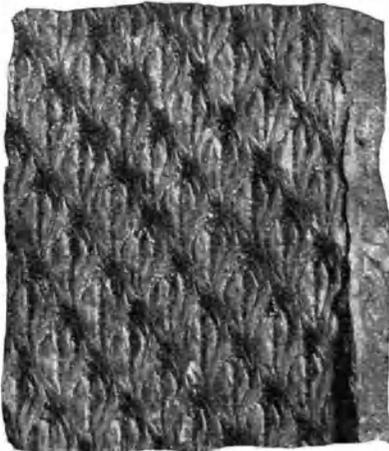


Abb. 21. Schuppenbaum (Lepidodendron). Stammstück mit schrägen Blattnarben.



Abb. 22. Siegelbaum (Sigillaria). Stammstück mit gerade angeordneten Blattnarben.

Steinkohlenformation unterscheidet man die flözleeren Sandsteine, Tonschiefer usw.



Abb. 23. Fisch (Palaeoniscus) des Kupferschiefers.
 $\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe.

England und Frankreich durch das rheinische Schiefergebirge und den Harz bis zu den Sudeten reichte und dessen nachträglich abgetragene Faltenrumpfe uns heute noch in den SW—NO streichenden Falten der genannten Höhenzüge erhalten sind. Gleichzeitig fand ein mächtiges Eindringen von Tiefengesteinen, Granit (Brocken), statt.

Unter der Flora ist eine starke Entfaltung baumartiger Farne, Bärlappgewächse [Schuppen- (Abb. 21) und Siegelbäume (Abb. 22)] sowie Schachtelhalme (Calamiten) und unter den Wirbeltieren das Auftreten der ersten Amphibien und Reptilien bemerkenswert, während Trilobiten und viele andere altertümliche Gruppen allmählich aussterben.

c) Die **Dyas** (Zweiteilung) oder das **Perm** (russische Provinz) zerfällt in Deutschland in das **Rotliegende** und den **Zechstein**.

Das Rotliegende enthält Landbildungen, rote Sandsteine und Konglomerate wechsellagernd mit ausgedehnten vulkanischen Ergußgesteinen (Porphyry, Melaphyr) und ihren Tuffen z. T. mit Manganerzen (Thüringer Wald) im unteren Teile bei Dresden und in der Oberpfalz auch Kohlenflöze.

Der **Zechstein**, eine Meeresbildung, enthält Kalke und Dolomite sowie die technisch wichtigen Lagerstätten des Kupferschiefers und der norddeutschen Stein- und Kalisalze.

Der **Kupferschiefer** ist namentlich im Mansfeldischen entwickelt und

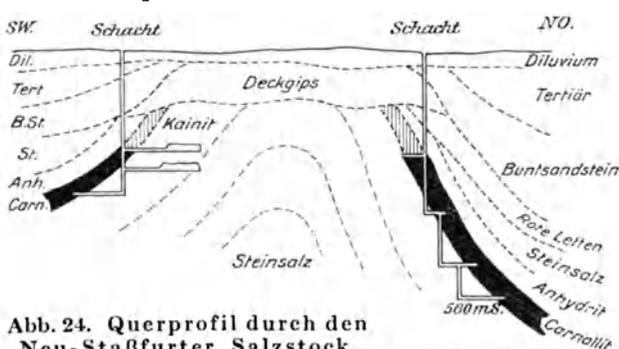


Abb. 24. Querprofil durch den Neu-Staßfurter Salzstock. Salzgesteine sattelartig aufgewölbt, durch Grundwasser ist der Sattelkopf abgelagert, schwerlösliche Bestandteile (Ton, Gips) sind als „Deckgips“ zurückgeblieben. Kalilager und Steinsalz (links) durch Tiefbauschächte erschlossen.

durch wohlerhaltene Fische (Abb. 23) ausgezeichnet. Er liefert trotz seiner geringen Dicke (ca. 20 cm) und seines geringen Erzgehaltes (2 bis 3% Kupfer und etwas Silber) $\frac{6}{7}$ der deutschen Kupfererzeugung.

Die **Salzlager** Norddeutschlands (Abb. 24) enthalten Steinsalz (bis 600 m mächtig)

tig) und Kalisalze (Carnallit, Sylvinit, Hartsalz), in einem (Staßfurt) oder in zwei Lagern (Werra, Hannover) und erstrecken sich von der Werra über Hannover, Staßfurt bis nach Thüringen, Mecklenburg und Posen. Sie sind in Deutschland Teile eines schmalen, ursprünglich vom Ural bis England reichenden Meeresarmes und unter heißem, trockenem Klima durch Übersättigung des verdunstenden Meerwassers zur Ablagerung gekommen.

In der Flora verschwinden die baumartigen Farne und die Bärlappgewächse zugunsten von Koniferen, in der Fauna sterben die Goniatiten und Trilobiten aus, und Panzeramphibien werden mächtig.

Bemerkenswert ist das Auftreten einer neuen großen Vereisung in Indien und auf der Südhalbkugel (Südafrika, Südamerika und Australien).

7. V. Mittelalter der Erde. In Deutschland anfänglich Land-, später sehr ausgedehnte Meeresablagerungen ohne Gebirgsbildungen und ohne Vulkanismus. Ausbreitung der höheren Pflanzen (Koniferen und später Blütenpflanzen), der Ammoniten und Belemniten, der Reptilien (Saurier), Erscheinen der ersten Säugetiere und Vögel.

a) Die **Trias** (Dreiteilung) gliedert sich in **Buntsandstein** (vorwiegend rote Sandsteine mit Landpflanzen, Fußabdrücken, Trockenrissen und Kreuzschichtung), **Muschelkalk** [Kalke und Mergel mit Meeresversteinerungen: Ceratiten (Abb. 25), Seelilien (Abb. 26), Brachiopoden (Abb. 27), Sauriern, in Süddeutschland und Thüringen mit Steinsalzlagern] und **Keuper** (bunte Sandsteine und Mergel mit Landsauriern, z. B. bei Halberstadt, in Schwaben, Nürnberger Burgberg, Bayreuth).

In den Alpen sind schroffe, klotzige Riffe, Dolomite und bunte Kalke, im Salzkammergut und in der Schweiz Steinsalzlager entwickelt.

Die Trias ist die in Deutschland (außer dem Diluvium) verbreitetste Formation, von Thüringen durch Braunschweig, Hannover bis Westfalen und von Helgoland (Buntsandstein) und Rüdersdorf bei Berlin (Muschelkalk) über Schwaben und Franken bis zum Elsaß reichend.

b) **Jura** (nach dem Schweizer Juragebirge), gewaltige Meeresbedeckung in Deutschland mit einigen höher aufragenden Gebirgsinseln, starke Entwicklung der Ammoniten (Abb. 28) und Belemniten, Riffkorallen, Meeressaurier [Ichthyosaurus (Abb. 29), Plesiosaurus] und Flugsaurier (Pterodactylus), der erste Vogel [Archaeopteryx (Abb. 30)] mit zahlreichen primitiven (Kegelzähne, lange Schwanzwirbelsäule, Bauchrippen, freie Krallenfinger) Reptilmerkmalen.

Anfänglich dunkle (schwarzer Jura) Tone, Kalke und bituminöse Schiefer (Posidonienschiefer), dann dunkle Tone und braune (brauner Jura), eisenschüssige Kalksandsteine und schließlich helle (weißer Jura) Mergel, Kalke und Dolomite. Stellenweise auch Eisensteinflöze. Minette, im braunen Jura von Lothringen; lithographische Kalkschiefer bei Solnhofen, Kelheimer und Treuchtlinger „Marmor“ für Prachtbauten.



Abb. 26 a.

Seelilie (Encrinurus liliiformis).

a) Kelch mit Stiel, $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

b) Stielglied m. Gelenkflächen, vergr.



Abb. 27.
Terebratulina
vulgaris (nat. Gr.).

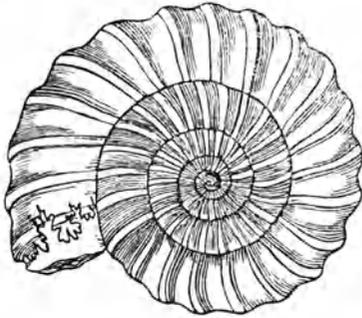


Abb. 25. Ammonshorn (Ammonites
(Ceratites). $\frac{1}{3}$ nat. Gr.

Abb. 28. Ammonshorn (Ammonites
d. schwarzw. Jura), nat. Gr. (nach Zittel).



Abb. 31. Donnerkeil (Belemnite), $\frac{2}{3}$ nat. Größe,
aus der Rügener Schreibkreide.



Abb. 30. Urvogel (Archaeopteryx) aus
dem Lithographie-Schiefer von Soln-
hofen, nach dem Berliner Exemplar.
 $\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe (aus Zittel).



Abb. 29. Ichthyosaurus aus dem schwarzen Jura von Württemberg,
etwa $\frac{1}{50}$ der natürlichen Größe. Rekonstruktion nach Jaekel.

Schwäbisch-fränkische Alb mit zahlreichen Höhlen, Hannover mit z. T. bunten, steinsalzführenden (Salinen) Mergeln, Schweizer Jura.

c) **Kreide** (nach der Schreibkreide) größte Meeresbedeckung aller Zeiten, weiße Kreide, Mergel und Tone, auch Sandsteine (Elbsandsteingebirge, Deister, Teutoburger Wald, Regensburg, Passau) z. T. mit Steinkohlen (Deister-Hannover, Bückeberg), Schreibkreide auf Rügen und in England, Eisensteinflöze bei Peine und am Harz, Phosphorite. Erdöllager der Lüneburger Heide. Mächtig entwickelt sind Ammoniten (bis 2 m groß) und Belemniten (Abb. 31), Meeres-, Flug- und Landsaurier (Dinosaurier in Nordamerika und dem früheren Deutsch-Ostafrika bis 40 m lang), Auftreten der ersten Blütenpflanzen und Laubbäume.

8. VI. Neuzeit der Erde. Meist lockere Sedimente (Sande, Mergel, Kalke), üppiges Pflanzenwachstum (Braunkohle), Entwicklung der Säugetiere und des Menschen, starke Gebirgsbildung, Vulkanismus und Eiszeit.

a) **Tertiär.** Anfängliche Meeresbedeckung weicht zurück, Meeresbuchten süßen aus, und es entstehen Süßwasserbecken (Mainzer B.), starke Gebirgsbildung (Oberrheintal, Alpen, Karpathen, Himalaja) erzeugt weite Festländer und begünstigt die üppige Entwicklung der Pflanzen (Braunkohlen) und den Vulkanismus (Basalte, Trachyte, Phonolithe der Eifel, Vogelsberg, Rhön, Westerwald, Hegau, Nordbayern). Allmähliche Herausbildung der heutigen Erdoberfläche und der heutigen Tierwelt (Huftiere, Raubtiere, Wale und Fische).

Braunkohlen: Köln (bis 100 m mächtig), Westerwald (Lignit), Kassel, Sachsen, S.-Altenburg, Lausitz, Brandenburg, Samland in Ostpreußen mit Bernstein. Vulkanisch ist Eifel, Siebengebirge, Westerwald, Habichtswald, Vogelsberg, Rhön, Hegau. Tone, Kalke usw. im Mainzer, Wiener und Pariser Becken, in Süddeutschland; in den Alpen und Karpathen Flyschsandsteine und Molasse z. T. mit Erdöl (Galizien, Elsaß).

b) **Quartär.** Entstehung und Herrschaft des Menschen. In Deutschland vorwiegend Festlandbildungen des Inlandeises, der fließenden und stehenden Gewässer und der Moore. Verschwinden der großen tertiären Säuger oder Rückzug derselben in die Tropen (Dickhäuter).

Diluvium, Eiszeit. Nach der zum Teil tropischen Tertiärzeit machte sich ein starker Temperaturreückgang bemerkbar, der schließlich zur Vereisung (Abb. 32) der Pole und Hochgebirge führte, von wo gewaltige Eismassen (Inlandeis und Gletscher) über Deutschland von Norden hereinbrachen, die nur eine mittlere Zone in Mitteldeutschland eisfrei ließen. Von Skandinavien drang das Eis dreimal über Norddeutschland vor (drei Glazialzeiten), Moränen (Geschiebemergel, Endmoränen) und Geschiebe (Findlinge) über zum Teil geschrammtem Felsboden (Rundhöcker bei Rüdersdorf-Berlin) zurücklassend. In den Zwischen-

eiszeiten (Interglazial) herrschte mildes Klima, so daß sich reicher Pflanzenwuchs (Torfmoore) entfalten konnte. Die Abschmelzwasser des Eises erzeugten in Norddeutschland breite sog. Urstromtäler, in wel-



Abb. 32. Europa zur Zeit seiner größten diluvialen Vergletscherung (nach Stoller). Schraffiert = Eisbedeckung. Maßstab 1 : 60 000 000.

chen zum Teil die heutigen Flüsse (Elbe, Oder) fließen. Unter Mitwirkung starker Winde entstand der Löß, der eine Steppenfauna (namentlich Nager: Springmaus, Springhase) einschließt. Charaktertiere der Eiszeit sind vor allem die Dickhäuter, wollhaariges Mammut und Rhinoceros, ferner Moschusochse, Wisent, Rentier, Elch, Riesenhirsch, Pferde,

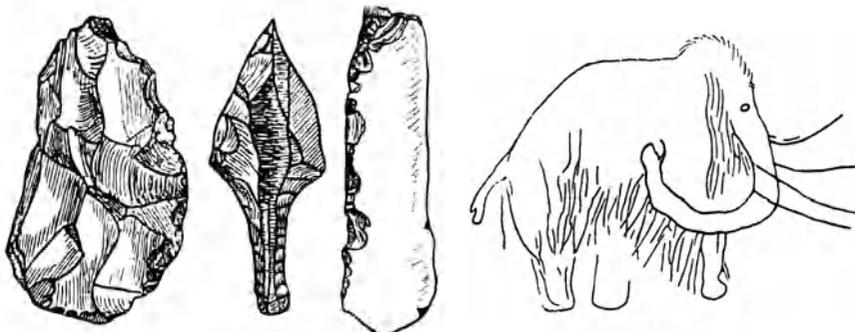


Abb. 33.

Abb. 34.

Abb. 35.

Abb. 36.

Abb. 33—35. Feuersteinwerkzeuge der älteren Steinzeit und Mammutzeichnung der Höhlenmenschen. $\frac{1}{2}$ der natürl. Größe (aus Kayser, Geologie).

Abb. 33. Faustkeil, Abb. 34. Pfeilspitze, Abb. 35. Schaber, Abb. 36. Mammutzeichnung, in Elfenbein eingeritzt.

daneben Höhlenbär und Höhlenlöwe usw. Höhlenbewohnende Jäger waren auch die Diluvialmenschen, deren Reste man im Neandertal bei Düsseldorf, bei Heidelberg, in Belgien, Südfrankreich zahlreich gefunden hat. Vor allem sind es Feuersteinwerkzeuge (Abb. 33—35), teils roh, teils zugeschlagen und Zeichnungen (Abb. 36) von Jagdtieren. Man hat mehrere deutlich getrennte Rassen unterscheiden können, die sich alle durch kleineres Gehirn, starke Augenbrauenwülste, vorstehenden Kiefer, fehlenden Kinnvorsprung und einfacheres Gebiß auszeichnen.

Alluvium, Jetztzeit. Entwicklung des Kulturmenschen durch die jüngere Steinzeit mit geschliffenen Steinwerkzeugen und Tongeschirren und die Metallzeit (Bronze- und Eisenzeit). Lockere Bildungen der jetzigen Festländer (Flußsande, Dünen, Moore, Verwitterungsschutt, Gletscher, Vulkanismus) und Meere (Schlick, Korallenriffe), Rasenerze Kalksinter, Guano.

Erklärung der Fachausdrücke.

Achat, *achates* (gr.), Achatstein.

Alabaster, *alabastrós* (gr.), Alabaftergips.

Alluvium, *allúvio* (lat.), Anschwemmung.

Andesit, Gestein aus dem Andengebirge.

Anhydrit, *anhýdrós* (gr.), wasserfrei.

Anthrazit, *ánthrax* (gr.), Kohle.

Archaeopteryx, *archê* (gr.), Anfang; *ptéryx* (gr.), Vogel.

Asphalt, *ásphaltos* (gr.), Erdwachs.

Atmosphäre, *atmós* (gr.), Dampf, *sphaira* (gr.) Kugel.

Augit, *augê* (gr.), Glanz.

azoisch, *azóos* (gr.), leblos.

Basalt, *basáltes* (lat.), angeblich versteinert aus Basanites nach dem Orte Basan in Syrien.

Belemnit, *bélemnon* (gr.), Geschloß, Blitz.

Biotit, nach dem französischen Naturforschers Biot.

Bitumen, *bitúmen* (lat.), Erdharz.

Brachiopoden, *brachion* (gr.), Arm; *pús* (gr.), Fuß.

Cambrium, nach der englischen Landschaft Cambria (Wales).

Carnallit, nach dem Berghauptmann von Carnall.

Ceratit, *kéras* (gr.), Widderhorn.

Chlor, *chlórós* (gr.), gelbgrün.

Denudation, *denudare* (lat.), entblößen, abtragen.

Devon, nach der englischen Landschaft Devonshire.

Diabas, *diábasis* (gr.), Durchgang.

Diagramm, *diagramma* (gr.), Zeichnung.

Diatomeen, *diátomós* (gr.), durchteilend.

Diluvium (lat.), Überschwemmung.

Diorit, *diortizein* (gr.), unterscheiden, vom Granit.

diskordant, *discors* (lat.), nicht übereinstimmend.

Dolomit, nach einem französischen Naturforscher.

dynamisch, *dýnamis* (gr.), Kraft.

Endogen, *endós* (gr.) innen, *gennáo* (gr.) ich erzeuge.

Erosion, *erósio* (lat.), Zernagung.

erratisch, *errare* (lat.), verirren.

Eruption, *eruptio* (lat.), Ausbruch.

exogen, *éxos* (gr.) außen, *gennáo* (gr.) ich erzeuge.

Explosion, *explósio* (lat.), Ausdehnung.

Foraminiferen, *forámen* (lat.), Loch; *fère* (lat.), tragen.

Formation, *formátio* (lat.), Bildung.

fossil, *fossilis* (lat.), ausgegraben.

Fumarolen, *fuma* (ital.), Rauch, Wasserdampf.

Gabbro, italienischer Name.
Geologie, *gē* (gr.), Erde; *lógos* (gr.), Lehre.
Glaukonit, *glaukōs* (gr.), grün.
Goniatit, *gonia* (gr.), Winkel.
Granit, *gránium* (lat.), Korn, Gefüge.
Graptolithen, *graptōs* (gr.), gezeichnet;
lithos (gr.), Stein.

Humus (lat.), Erdboden.

Interglazial, *inter* (lat.), zwischen; *glácies* (lat.), Eis.

Kaolin (chin.), Porzellanerde.

Karbon, *carbo* (lat.), Kohle.

Kieserit, nach dem Naturforscher Kieser.

Klinometer, *klinō* (gr.), ich neige, *métron* (gr.), das Maß.

Kommunizierend, *communis* (lat.), gemeinsam.

Konglomerat, *conglomerare* (lat.), zusammenballen.

konkordant, *concordans* (lat.), übereinstimmend.

Kontaktmetamorphose, *contactus* (lat.), Berührung; *metamorphōsis* (gr.), Verwandlung.

Krater, *kratēr* (gr.), Mißchfessel, Trichter.

Lapilli (ital.), Kiesel.

Lepidodendron, *lépis* (gr.), Schuppe; *déndron* (gr.), Baum.

Liparit, nach den liparischen Inseln.

Magma (gr.), Teig, glutflüssiges Gestein.
marin, *marē* (lat.), Meer.

Melaphyr, *mēlas* (gr.), schwarz, *phýrein* (gr.), besprengen.

Mofette (ital.), schlechte Luft.

Nephelin, *nephēle* (gr.), Wolke.

Olivin, nach der olivgrünen Farbe.

Orthoklas, *orthōs* (gr.), gerade; *kláō* (gr.), ich spalte.

Perm, russische Provinz.

Phonolith, *phōnē* (gr.), Stimme, Klang; *lithōs* (gr.), Stein.

Phyllit, *phyllōn* (gr.), Blatt.

Porphyr, *porphyreōs* (gr.), purpurfarbig.

Plagioklas, *plágiōs* (gr.), schief; *kláō* (gr.), ich spalte.

Quartär, *quártus* (lat.), der vierte.

Radiolarien, *rádius* (lat.), Strahl.

Saurier, *saurōs* (gr.), Eidechse.

Sediment, *sedimentum* (lat.), Bodensaß.

Seismogramm, *seismōs* (gr.), Erschütterung; *grámma* (gr.), Schriftzeichen.

Sigillaria, *sigillum* (lat.), das Siegel.

Silur, nach dem Volksstamm der Silurer in England.

Solfatara (ital.), Schwefelquelle.

Syenit, nach Sýene, dem heutigen Assuan, Stadt am Nil.

Sylvin, nach dem Heilkünstler Sýlvius.

Tektonik, *tektōnikē* (gr.), Zimmermannskunst, Lagerung.

Terebratula, *terebrátus* (lat.), durchbohrt.

tertiär, *tértius* (lat.), der dritte.

Therme, *thérme* (gr.), Wärme.

Trachyt, *trachýs* (gr.), rauh.

Transgression, *transgréssio* (lat.), Übergang.

Trias, *treis*, *tria* (gr.), drei.

Trilobiten, *treis* (gr.), drei; *lóbos* (gr.), Lappen.

Trochiten, *trochōs* (gr.), Rad.

Variskisch, nach dem Volksstamm der Varisser.

Volumen (lat.), Umfang.

Vulkan, nach dem Feuergott Vulkan.

Register.

- Aachen 17
Absonderung 6
Achat 6
Ackerkrume 11
Alabaster 14
alkalische Quellen 17
Alluvium 35
Altertum 28
altvulkanisch 6
Ammoniten 31, 33
Ammonshorn 31, 32
Andernach 5, 10
Andesit 8
Anhydrit 15
Apatit 8
Archaeopteryx 31, 32
artesisch 17
Asphalt 25
Atmosphäre 11
Ätna 4
Augit 8
auskeilen 20
Ausstrich 20
azoisch 28
- Baden-Baden 5
bankig 6
Bärlappgewächse 30
Basalt 8, 10
Begleitmineralien 6
Belemnitella 32
Belemniten 31
Bergfeuchte 17
Bimsstein 6
Biotit 6, 8
Bitumen 13
blasig 6
Blaugrund 10
Bordstein 10
Brachiopoden 31, 32
Braunkohle 25, 33
Brennkalk 13
Bronzezeit 35
Bruchgebirge 20
Calamiten 30
- Cambrium 29
Carbon 29
Carnallit 14, 31
Ceratiten 31
Chemische Sedim. 12
- Dachschiefer 13
Decken 6, 10
Deklination 21
Delta 16
Devon 29
Diabas 6
Diamant 10
Diatómeen 13
Dickhäuter 34
Diluvium 33
Dinosaurier 33
Diorit 8
Dolomit 13
Donnerkeil 32
Drachenfels 9
Dreikanter 11
Dünen 11
Dyas 30
- Eifel 4
Einsprenglinge 9
Einsturzbeben 19
Eis 17
Eisberge 10
Eisenglanz 5
Eisenzeit 35
Eiszeit 33
Elbsandsteingebirge 33
Elch 34
Encrinus 32
Endmoräne 19
endogen 5
Eozoon 28
Erdbeben 19
Erdgas 24
Erdgeschichte 25
Erdöl 24
Ergußgesteine 5, 7
erloschen 5
Erosion 15
- Erosionsgebirge 20
erratische Blöcke 19
Erstarrungsform 6
Eruptivgesteine 5
exogen 5
- Fachingen 17
Facies 26
Fallen 20
Faltengebirge 20
Faltungen 22
Fastebene 12
Feldspatbasalt 6
Feldspatgesteine 6
Felsenmeer 6
Feuerstein 13
Feuersteinwerkzeuge 34
Findlinge 33
Firn 17
Firnfeld 17
Firmulde 17
Fladenlava 4
flözler 30
Flugsaurier 31
Flyschsandstein 33
Formation 26
Fruchtschiefer 5
Fumarolen 5
- Gabbro 8
Galizien 33
Gänge 5, 6
Ganggesteine 5
Gebirgsbildung 20
Gefüge 6, 7
Geiser 5
Generation 9
Geologie 3
geologische Karten 22
Geschiebe 18
Geschiebemergel 33
gesteinsbildend 6
Gips 14
glasig 6
Glaukonit 13
Glazialzeit 33

Gletscher 17
 Gletscherbach 19
 Gletschergarten 19
 Gletscherschliff 18
 Gletschertrübe 19
 Gletscherzunge 19
 Glimmerschiefer 20
 Gneis 20
 Goniatit 28
 Granit 8
 Grundmasse 9
 Grundmoräne 18
 Grundwasser 17
 Grus 11
 Guano 24
 Härte 17
 Hartsalz 14, 31
 Havai 4
 Helgoland 31
 Herkulanum 4
 historische Geologie 25
 Hochwasser 15
 Höhenlinien 21, 23
 Hohentwiel 10
 Höhlen 17
 Höhlenbär 35
 Höhlenlöwe 35
 Hohlkehle 12
 Hornblende 7
 Hornfels 5
 Horst 22
 Huftiere 33
 Humusgesteine 24
 Hundsgrotte 5
 hydraulischer Mörtel 9
 Ichthyosaurus 31, 32
 Inlandeis 33
 Interglazialzeit 34
 Island 4, 5
 Jetztzeit 35
 jungvulkanisch 6
 Jura 31
 Kalisalze 14
 Kalkgesteine 13
 Kalksinter 35
 Kalktuff 17
 Kant 28
 kantengerundet 18
 Kaolin 11
 Karten, geolog. 22
 Kegelvulkan 5
 Keuper 31

Kies 15
 Kieselgesteine 13
 Kieselgur 13
 Kieselschiefer 13
 Kieserit 14
 Kimberley 10
 Kissingen 17
 Klingstein 10
 Klinometer 22
 Knotenschiefer 5
 Koblenzer Grauwacke 29
 Kölner Dom 8
 Kompaß 21
 Konglomerat 12
 Koniferen 31
 Kontaktmetamorphose 5
 Korallenkalk 13
 körniges Gefüge 6
 Krater 4, 5
 Kreide 13, 33
 Kreuzschichtung 16
 kristalline Schiefer 20
 kugelig 6
 Künstlermarmor 13
 Kupferschiefer 30
 Lapilli 4
 La Place 28
 Lava 4
 Lawine 17
 Lehm 11
 Leitfossilien 26
 Lepidodendron 29
 Lignit 33
 Liparit 8
 Lithographieschiefer 1
 Löß 11
 Lüneburg 14
 Luzern 19
 Maar 4
 Mächtigkeit 20
 Magma 5
 Mammut 34
 Mandelstein 6
 Marmor 5, 13, 31
 Massenkalk 29
 Meer 11
 Melaphyr 8, 10
 Mensch 33
 Mergel 13
 Meßtischblätter 22
 Metallzeit 35
 metamorphe Gesteine 20
 Minette 31

Mittelalter 31
 Mittelmoräne 18
 Mofetten 5
 Molasse 33
 Moräne 18, 33
 Moschusochse 34
 Mühlstein 10
 Mulde 22
 Muschelkalk 13, 24, 31
 Muskovit 8
 Muttergestein 10
 Nauheim 5, 17
 Nephelin 10
 Netzleistenstruktur 10
 Neuzeit 33
 Niedermendig 10
 Obsidian 6
 Olivin 8, 10
 Organismen 24
 Ornamentgesteine 6
 Orthoklas 8
 Palaeoniscus 30
 Panzeramphibien 31
 Paradoxides 28
 Pechstein 6
 Perm 30
 Pferde 34
 Pflasterstein 6
 Phonolith 8, 10
 Phosphorit 24
 Phyllit 20
 Plagioklas 8
 Plankton 24
 plattig 6
 Plesiosaurus 31
 Pompei 4
 porphyrisch 6
 Porphyry 7, 8
 Porzellanerde 11
 Posidonienschiefer 31
 Prellstein 10
 Profil 23
 Pterodactylus 31
 Quartär 33
 Quarz 7, 8
 Quarzporphyry 8
 Quellen 16
 Quellschutzgesetz 17
 Querprofil 23
 Radiolarien 13
 Rasenerz 35
 Raubtiere 33

- Renntier 34**
Rhinozeros 34
Rhön 5
Riesenhirsch 34
Rogenstein 13
Rotliegend 30
Rüdersdorf 33
Rumpfgebirge 20
Rundhöcker 33
- Salzgesteine 14, 30**
Salzkammergut 14
Salzlager 30
Samland 33
Sattel 22
Säuerlinge 5, 17
säulig 6
Saurier 31
Schachtelhalme 30
Schaffhausen 16
schaumig 6
Schaumkalk 13
Schichtenlagerung 20
Schichtfuge 12
Schichtgesteine 12
Schichtlücken 26
Schichtquellen 17
Schichtung 12
Schieferung 20
Schildvulkane 4
Schlammstrom 4
Schlick 35
schlierig 6
Schlot 5
Schmelzfluß 4
Schnee 17
Schollengebirge 20
Schotter 6
Schreibkreide 33
Schuppenbaum 30
Schwefelquellen 17
Schwefelwasserstoff 17
Schwemmsteine 10
Sedimente 12
Seebeben 4, 20
Seelilie 31
Seen 17
- Segeberg 14**
Seismogramm 19
Seitenmoräne 18
Selters 5
Siegelbaum 30
Sigillaria 29
Silur 29
Solfataren 5
Sonnenbrand 10
Soolquellen 14, 17
Spaltenfrost 11
Spaltquellen 17
Spiriferensandstein 29
Springhase 34
Springmaus 34
Sprudel 5
Sprudelstein 17
Sprunghöhe 22
Staubstürme 11
Steinkern 13
Steinkohle 25
Steinkohlenbecken 29
Steinsalz 14, 30
Sternzeit 28
Stöcke 6
Strandgerölle 12
Strandlinien 12
Streichen 20
Ströme 6
Struktur 7
Syenit 8
Sylvin 14
Sylvinit 14, 31
- Tätige Vulkane 5**
Teiche 17
Tektonik 20
tektonische Beben 19
Terrassen 12
Thermen 5
Tiefengesteine 5, 8
Tongesteine 13
Topas 5
topograph. Profil 23
Torf 25
Trachyt 8, 9
Transgression 22
- Traß 9**
Trilobit 28
Trinkwasser 17
Trochitenkalk 13
Tropfstein 17
Tuffe 4, 9
Turmalin 5
- Urgebirge 28**
Urgneis 28
Urstromtäler 19
Urtonschiefer 28
Urzeit 28
- Variskisches Gebirge 30**
Verglasen 5
Versteinerungen 3, 12
Verwerfungen 22
Verwitterung 11
Vesuv 4
Vogelsberg 5, 10
vollkristallin 6
Voraltertum 28
Vulkan 3
Vulkanherd 5
vulkanische Beben 3
vulkan. Gestein 5
Vulkanismus 3
- Wale 31**
Wasserfälle 16
Wasserscheide 16
Wasserstauer 16
Wasserträger 16
Wassertrübe 12
Wechselagerung 13
wesentliche Mineralien 6, 7
Wiesbaden 5, 17
Wildbach 15
Wildungen 17
Windschliffe 11
Wisent 34
- Zechstein 30**
Zeitalter 26
Zellenkalk 13
Zinnstein 5
Zwischeneiszeit 34